

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**Інститут прикладного системного аналізу**  
**Кафедра математичних методів системного аналізу**

«До захисту допущено»  
В. о. завідувача кафедри  
\_\_\_\_\_ О.Л. Тимошук  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломна робота**  
**на здобуття ступеня бакалавра**  
**з напрямку підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»**  
**на тему: «Система для оцінювання ринкового ризику»**

Виконав:  
студент IV курсу, групи КА-55  
Алексюк Нікіта Сергійович \_\_\_\_\_

Керівник:  
доцент, к.т.н. Жиров О.Л. \_\_\_\_\_

Консультант з економічного розділу:  
доцент, к.е.н. Шевчук О.А. \_\_\_\_\_

Консультант з нормоконтролю:  
доцент, к.т.н. Коваленко А. Є. \_\_\_\_\_

Рецензент:  
проф., д. т. н. Теленик С.Ф. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій дипломній роботі  
немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.  
Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інститут Прикладного Системного Аналізу**  
**Кафедра Математичних Методів Системного Аналізу**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6.050101 «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломну роботу студенту**

**Алексюку Нікіті Сергійовичу**

1. Тема роботи «Система для оцінювання ринкового ризику», керівник роботи Жиров Олександр Леонідович доцент, к.т.н. затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## 6. Консультанти розділів роботи\*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошук літератури та поверхневе дослідження за темою.	01.03.2019 – 30.03.2019	Виконано
2	Огляд сучасних методів статистичного аналізу даних, що застосовуються для моделювання і прогнозування ризиків.	15.03.2019 – 30.03.2019	Виконано
3	Створення програмного продукту для моделювання та оцінювання ризиків.	01.04.2019 – 30.04.2019	Виконано
4	Опис програмного продукту	01.05.2019 – 10.05.2019	Виконано
5	Пошук та попередня підготовка даних для виконання обчислювальних експериментів	01.04.2019 – 30.04.2019	Виконано
6	Виконання обчислювальних експериментів з метою побудови моделей і короткострокового прогнозування. Аналіз адекватності побудованих моделей і отриманих оцінок прогнозів.	01.05.2019 – 20.05.2019	Виконано
7	Аналіз можливостей подальшого покращення оцінок прогнозів.	15.05.2019 – 30.05.2019	Виконано
8	Розробка економічної частини	15.05.2019 – 30.05.2019	Виконано
9	Підготовка ілюстративних матеріалів для захисту роботи.	25.05.2019 – 05.06.2019	Виконано
10	Підготовка дипломної роботи та її захист.	25.05.2019 – 20.05.2019	Виконано

Студент

Алексюк Н.С.

Керівник роботи

Жиров О.Л.

---

\* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломної роботи.



## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: \_\_ с., 13 рис., 10 табл., 2 додатка, 30 джерел.

РИНКОВИЙ РИЗИК, ВОЛАТИЛЬНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ,  
VALUE-AT-RISK, EXPECTED SHORTFALL, УМОВНА  
АВТОРЕГРЕСІЙНА ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНІСТЬ.

Метою дослідження є створення коректних моделей гетероскедастичних процесів для передбачення мінливості та створення висновків що до ринкових ризиків з їх використанням. Огляд моделей з їх характерними рисами для розгляду динаміки мінливості процесів та їх прогнозування. Подальший огляд моделей та відповідних показників якості, що забезпечують вибір кращої моделі для оцінки безпеки фінансових операцій. В роботі наводиться метод оцінки ринкового ризику Value at Risk. Застосувати математичний та програмний апарат до наявних реальних даних. Мовою програмування була обрана Java.

Об'єктом дослідження є фінансові ризики яких зазнає корпорація під час торгу на ринку цінних паперів.

Предметом дослідження є моделі створені засобами математики та методологія за допомогою якої здійснюється опис гетероскедастичних процесів, оцінка та розгляд якісних показників створених моделей та прогнозів, способи та моделі оцінки фінансових ризиків, методологія контролю задовільності показників, що оцінюють ризикованість.

Методи дослідження ґрунтуються на теорії побудови моделей, математичній статистиці, математичному аналізі та чисельних методах оцінки.

## ABSTRACT

Thesis contains: \_\_ p., 13 fig., 10 tab., 2 applications, 30 sources.

The theme : «The system for estimation of financial risk»

MARKET RISK, VOLATILITY, FORECASTING, VALUE-AT-RISK, EXPECTED SHORTFALL, AUTOREGRESSIVE CONDITIONAL HETEROSKEDASTICITY.

The purpose of the study is to create the correct models of heteroscedastic processes to predict variability and to draw conclusions about market risks with their use. A review of models with their characteristics to consider the dynamics of process variability and their prediction. A further overview of models and corresponding quality indicators that provide the choice of a better model to assess the safety of financial transactions. The paper presents a method for assessing the market risk of Value at Risk. Utilize the mathematical and software apparatus to available real data. ovoyu programming was selected Java.

The object of the research is the financial risks that the corporation undergoes when trading on the securities market.

The subject of the study is the models created by the means of mathematics and the methodology by which the description of heteroscedastic processes is carried out, the evaluation and consideration of the qualitative indicators of the created models and forecasts, the methods and models of financial risk assessment, and the methodology for controlling the satisfaction of indicators that assess riskiness.

Research methods are based on the theory of constructing models, mathematical statistics, mathematical analysis and numerical methods of evaluation.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ.....	10
1.1    Виникнення ринкових ризиків.....	10
1.1.1    Загальна характеристика ризиків .....	12
1.1.2    Ринкові ризики та їх класифікація .....	14
1.2    Методи менеджменту ринковими ризиками .....	16
1.3    Поняття міри ризику .....	18
1.3.1    Підходи до вимірювання ризиків .....	21
1.3.2    Міри ризику на основі розподілу втрат .....	25
Висновки до розділу.....	29
РОЗДІЛ 2 ОПИС МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ	32
2.1    Моделі «Вартість під ризиком» та «Очікуваний дефіцит» .....	32
2.2    Методи оцінювання .....	39
2.3    Оцінка якості моделей.....	43
2.4    Недоліки моделей .....	50
Висновки до розділу.....	51
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ .....	53
3.1    Математичний аналіз цін.....	53
РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ.....	61
4.1    Постановка задачі техніко-економічного аналізу .....	61
4.1.1    Обґрунтування функцій програмного продукту.....	62
4.1.2    Варіанти реалізації основних функцій.....	63
4.2    Обґрунтування системи параметрів програмного продукту.....	65
4.2.1    Опис параметрів .....	65
4.2.2    Кількісна оцінка параметрів .....	66
4.2.3    Аналіз експертного оцінювання параметрів .....	68
4.3    Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій .....	72

4.4 Економічний аналіз варіантів розробки ПП.....	74
4.5 Виникнення ринкових ризиків.....	78
Висновки до розділу.....	79
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	81
ДОДАТОК А Лістинг програми.....	84
ДОДАТОК Б Ілюстративні матеріали для доповіді.....	89



## ВСТУП

Торгівля цінними паперами набуває небаченого розмаху протягом останніх років, а це в свою чергу залучає нових осіб, що мають на меті заробити кошти використавши спеціальні знання в цій галузі. Такий розвиток подій є сприятливим для вдосконалення та детального вивчення моделей, що ілюструють грошові процеси. Стандартний лінійний підхід для оцінки даних, які змінюються у часі, не завжди коректно відображає всі властивості, що притаманні вибірці, а отже потребує покращення. Експерименти продемонстрували риси, що притаманні часовій вибірці та її мінливості. Фінансові ризики є на даний момент невідомою складовою підприємницької діяльності в умовах ринкової економіки, а отже актуальність розглянутого питання не викликає сумнівів. Відстеження та моніторинг фінансових ризиків, використання надійної системи методів оцінки ризиків дозволяє більш ефективно розтрачувати ресурси підприємства, забезпечуючи тим самим прибутковість. Оцінка ринкових ризиків дозволяє забезпечити більш адекватне бачення фінансової стійкості підприємства.

Використання методів оцінки ринкових ризиків дозволить оцінити фінансовий стан на момент розгляду та перспективний, оцінити доцільність трати коштів.

Кожне підприємство має на меті досягнення максимального фінансового благополуччя, але воно не є можливим без коректної оцінки ризику та дій, що керовані математичними підрахунками. Ця ціль породжує бажання охопити якомога більшу кількість небезпечних ситуацій протягом аналізу та оцінити величину ризику за максимальною кількістю змістовних показників. Далі визначити ризик який буде оптимальним. Найбільший ризик, зазвичай, спричиняють значні коливання вартості цінних паперів, збільшення кількості грошей, що необхідно повернути внаслідок зміни фінансової ситуації на

ринку. Ризик такого типу називається ринковим й досліджується за допомогою методів Var, ES, тощо. Причиною використання саме цих методологій є потреба у змістовному відображенні ризику. Вище наведені підходи оцінки це цілковито забезпечують.

## РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

### 1.1 Виникнення ринкових ризиків

Кожен, хто живе на нашій планеті, хоч раз, а то й більше, зтикався з таким поняттям, як «ризик». На думку науковців, в перше це поняття було використано багато століть тому. Зазвичай вживалося воно людьми, що ловили різних морських тварин й мали необхідність в маневруванні між підводними перешкодами. Звідти й походить дієслівна форма терміну: «ризикувати», а тобто маневрувати уникаючи зіткнень. Є досить очевидним, що навіть у наш час на рівні підсвідомості в кожній людини є розуміння значення цього слова й асоціюється воно з небезпекою, яку треба оминати, негативними переживаннями, що є не бажаними й причиною яких можуть слугувати необдумані вчинки тих чи інших представників соціуму. Можемо зробити висновок, що термін «ризик» має схоже значення в усіх сферах діяльності, але його причини різні. Зокрема у грошовому світі він пов'язаний з втратою грошей й проблемами у сфері фінансів, що була сформована протягом багатьох років еволюції людства.

У наш час термін «ризик» включає в себе дуже велику кількість понять й є багатогранним. Причиною цього є те, що ніяке чітке означення не може охопити його в повному обсязі. З наукової точки зору ризиковані процеси є не бажаними у загальному випадку, розподілені за законами теорії ймовірності, мають відношення до можливої шкоди, що може мати місце й бути спричиненою з певною ймовірністю[Error! Reference source not found.]. Виділяють *чистий* ризик, який може призвести тільки до фінансового програшу, а в найкращому випадку ми матимемо фінансову операцію без виграшу та без програшу. Також виділяють *спекулятивний ризик*, наслідками якого можуть стати значні прибутки певної організації[2]. Незважаючи на

різні шляхи розвитку ситуації, «ризик» в грошовій сфері вважають небажаним явищем, що спричиняє фінансові збитки.

Підприємство іноді може дозволити собі брати участь у ризикових проектах, але тільки якщо вони обґрунтовані математично й над ними можна здійснювати контроль з допомогою відповідних логічних схем. Є зрозумілим, що кількість помилкових вчинків, причиною яких була необережність, треба звести до мінімуму, а в ідеальному випадку звести до нуля. Можливим шляхом вирішення проблеми розглядають зведення до мінімуму грошей, що будуть вкладені в не надійні стартапи та виготовлення продукції, потреба в якій у потенційного покупця є сумнівною.[3].

Створенню небезпечних ситуацій сприяє багато чинників: мала кількість даних стосовно навколишнього світу та недосконалість програмного забезпечення, що використовується для оцінки цих даних. Також ризик може спричинити хаотична поява несприятливих умов під час проведення планових робіт, заходи вороже налаштованих фірм-сусідів, що мають на меті руйнування фінансів підприємства, створення ворожої атмосфери між союзниками, чвари чиновників, тощо.

Як висновок можна зазначити, що необхідно класифікувати або розділити ризики на певні групи з метою успішного управління. Слід також зробити зауваження, що залежно від того, до якої групи ми відносимо певний ризик, ми зможемо завжди змінити групу, змінивши ознаки класифікації. Виходячи з цього, остаточний розподіл ризику на групи є досить важкою задачею, але проаналізувавши відповідні літературні джерела та зробивши аналіз, можна розподілити ризики скориставшись відповідними принципами управління проектами.

### 1.1.1 Загальна характеристика ризиків

В грошовій сфері ризик визначається причиною його створення, а тобто залежить від того, був він створений сторонніми факторами, або факторами, що діяли з середини.

Небезпечні ситуації, причиною яких є дія сторонніх факторів й які створені ситуаціями за межами підприємства відносять до зовнішніх ризиків. Основою цих небезпечних випадків є грошова галузь та депутатська діяльність, які регулюють ступінь небезпеки та негативних наслідків, що можуть бути створені. Каталізатором небезпек можна вважати й інші галузі, але їх відносять до вище перерахованих.

Виділяють 5 класів екзогенних факторів, що сприяють створенню зовнішніх небезпечних, а інакше кажучи ризикових ситуацій: ситуація в державі, а тобто демографічна ситуація, фінансова, військова атмосфера, катастрофічні ситуації, ситуації пов'язані з міждержавними відносинами, зміни правового кодексу, фінансові коливання (вартості акцій), знецінення цінних паперів окремої фірми [4].

Несприятливі ситуації, що зумовлені діяльністю внутрішнього середовища підприємства, є не настільки не передбачуваними й легше піддаються аналізу. Зв'язок фінансів та небезпечних ситуацій є причиною класифікації ризиків, створених внутрішніми обставинами наступним чином, а тобто виділяють грошові ризики, оцінку яких можна здійснити числовим значенням. Є присутній взаємозв'язок між ступенем небезпечної ситуації та фінансовими надходженнями. Також виділяють не грошові ризики. Грошові ризики, в межах дисципліни управління небезпечними ситуаціями можна зменшити, а не грошові ризики можна звести до мінімуму. Загалом шукають

не шляхи позбавлення ризику, а шляхи здобуття прибутку від прорахованого та відповідально здійснюваного управління ризиком. [4].

До квантифікованих небезпечних ситуацій розподіляють:

а) Кредитний ризик – наслідок уявної чи наявної небезпечної ситуації, що створена відсутністю можливості фінансового підприємства дотримуватися грошового договору (наприклад повернення грошей до встановленої дати) [3]. Цей вид ризику з'являється не тільки при прямому займі коштів, а також при створенні певного обсягу акцій, облігацій, здійсненню страхових заходів за допомогою займу коштів (кредитів). Виділяють особистий та портфельний ризик [4].

б) Ризик ліквідності, причиною якого є неможливість дотримання договору підприємства з замовником без матеріальної шкоди, зменшення матеріальних ресурсів або втрати фінансових надходжень. Зумовлена великим обсягом активів, що є ліквідними [4]. Причиною виникнення ризикових ситуацій такого типу є помилковий шлях керування непередбаченою втратою грошей та відсутність можливості задовольнити позабалансові договори. Виникнення небезпечних ситуацій, що пов'язані з ліквідністю важко аналізувати, а причиною цього різноманіття подій під вплив яких ризик ліквідності підпадає.

в) Ринковий ризик, причиною якого є низький рівень фінансових надходжень, що перебувають під впливом мінливості вартостей ресурсів підприємства. Більш інформативно характерні риси ринкового ризику розібрано далі.

г) Операційно-технологічний ризик. Він може бути одним з факторів, що спричиняють завершення роботи підприємства через проріхи в структурі роботи цього підприємства, а детальніше: програмному забезпеченні, керуванні, регулюванні показника оптимальності установи загалом. Зазвичай до нього відносять зловживання службовими обов'язками, ігнорування колективних звичаїв, зниження якості продукту, вірогідність надзвичайних

ситуацій (коротке замикання, торнадо, цунамі), а саме до неквантифікованих відносять:

а) Ризик репутації. Причиною виникнення є факт важливості репутації як міри довіри до підприємства, що сприяє формуванню додаткових ділових контактів з потенційними фінансовими партнерами. Зменшення цього показника створює проблеми в співпраці з покупцями, постачальниками, а це призводить до грошових збитків, що може обернутися катастрофою у випадку використання коштів з кредиту. Ризик цього виду супроводжує установу весь період її існування й ним не можна нехтувати [8].

б) Юридичний ризик. Створюється внаслідок нехтування підприємством пунктами юридичних актів чи специфікою укладених договорів. Наслідками даного виду ризику є штрафи, грошові втрати та втрати займаних позицій у фінансовій сфері. Зводить нанівець зусилля що до поліпшення ефективності підприємства [4, 8].

в) Стратегічний ризик. Спричинений помилковою постановкою фінансової задачі, помилковим визначенням стратегій розвитку, не якісним формуванням списку дій та необхідних для виконання заходів [8].

### 1.1.2 Ринкові ризики та їх класифікація

Ринковий ризик відносять до однієї з фундаментальних сукупностей ризиків, що були виявлені під час ведення бізнесу. Причиною є обов'язкова їхня присутність в функціонуванні підприємства, що має справу з грошима. В широкому розумінні ринковий ризик являє собою ймовірність такої розстановки життєвих обставин, що спричинить втрату підприємством значної частини свого капіталу або зменшення доходності в значну кількість

разів. Небезпечні ринкові ситуації зазвичай створені коливаннями цін акцій, облігацій, якщо справа стосується цінних паперів установи [4].

Ринковим ризикам притаманні наступні риси [8]:

а) тісний зв'язок з ринковою структурою — кількість бажаючих придбати або продати певний грошовий актив, фінансового положення в цілому;

б) неоднорідність, виражена в одночасній залежності від фундаментальних факторів фінансового стану емітента (рентабельність, прибутковість тощо);

в) тісний зв'язок його логічно виділених компонентів та наявність його в більшості бізнес проєктах підприємств, діяльність яких пов'язана з грошима.

Оскільки грошова сфера є частиною концепції ризику, підприємства мають на меті не цілковите усунення ризику, шляхом відмови від ризикових рішень, а пошук компромісного, креативного шляху, що забезпечить найбільшу вірогідність отримання прибутку при найменшій вірогідності грошової втрати. Частіше за все для оцінки ринкового ризику використовують такий спосіб: ділять небезпечну ситуацію на окремі простіші випадки.

Базельський комітет пропонує поділ ринкових ризиків наступним чином: відсотковий, грошовий. Додатково розглядають ризик продуктової та ризик, що має тісний зв'язок з грошовими засобами [5].

Ризик мінливості відсоткових значень, що обумовлюється, як очевидно, з першого погляду на термін, небезпечною мінливістю відсоткових показників. Виокремлюють такі різновиди [4]:

- ризик коливань цін на матеріали;
- ризик коливань грошових надходжень;
- ризик фундаментальний;
- ризик можливості обрати (optional).



Грошовий ризик знаходиться під постійним тиском змін ціни на доллар, євро, золото, срібло, тощо й його можна розподілити на групи наступним чином [4]:

- ризик передачі грошей;
- ризик зміни грошової одиниці виміру (наприклад з доллара на певну кількість євро або навпаки);
- ризик зменшення чи збільшення здібності підприємства до грошових протистоянь, боротьби за частку ринку.

В книжках, що присвячені фінансам сьогодення, фондові ризики згадуються дуже рідко. Причиною, скоріш за все, є слабкий абгрейд ринку фондових інструментів. Книжки закордонних авторів містять значно більше інформації стосовно цього виду ризиів, але основою їх є теорія портфеля й там часто згадуються способи та шляхи математичного дослідження.

## 1.2 Методи менеджменту ринковими ризиками

Процес управління ризиком є досить складним, а отже в керівників відсутній єдиний шлях розв'язання проблем. Шляхів декілька. Виходячи з вище перерахованого та практичних дослідів, підприємство створює особисту сукупність принципів керування базуючись на внутрішній організації та небезпеках у сфері торгівлі фінансовими паперами. Не дивлячись на це, спробуємо виокремити декілька характеристик, що притаманні окремим

дієвим шляхам керування ризиками. Слід також зазначити відокремленість цих шляхів від заходів, суміжних з пасивним прийняттям негативного ризику.

Розглянувши сукупність способів управління ризиками, можна побачити, що кожен спосіб містить наступні складові [3, 6]:

- а) ідентифікація — виявлення небезпечних ситуацій, що вже відбулися або можуть відбутися;
- б) знаходження ступеня ризикової ситуації є невід'ємною частиною ризикового менеджменту в науці про ризик та на практиці;
- в) контроль ризику — укладені принципи та гости фірм й є засобом контролю управління ризиком;
- г) моніторинг ризику — цілодобовий та обов'язковий аналіз вірогідності виникнення негативної ситуації.

З метою управління ризиком є необхідним створення кваліфікованої групи людей мета та завдання якої будуть полягати в контролі та оцінці ризику[3].

Найнебезпечнішим підводним каменем фінансової індустрії є ринковий ризик, який є причиною мінливості валютних надходжень у часі й причиною зміни обсягу грошових надходжень до підприємства. З метою нігелювання негативної дії великої кількості збудників ризику створили схеми керування ризиком з допомогою яких можна збільшити надійність прийнятих рішень та зменшити вірогідність банкрутства підприємства [7].

Характерні риси сфери розвитку підприємства сприяють виокремленню певних способів позбавлення ризиків. Перелік цих способів наступний: мінімізація і запобігання, резервування, страхування, хеджування, диверсифікація [8].

*Резервування* Здійснюється з допомогою створення особистих матеріальних накопичень з метою відшкодування збитків, ймовірність

виникнення яких велика. Механізмом забезпечення є перекладення фінансової відповідальності на користувача послугами.

Ціль *страхування* є в більшій мірі повернення втраченого майна, а не позбавитися від небезпечних ситуацій.

*Хеджування* забезпечує шлях, що зводить кількість втрачених грошей до нуля з використанням договору. Мета цього договору змінити відповідального за можливу втрату коштів. Хеджування також вимагає витратити гроші понад міру (нагороди, фінансові подяки). Позбавлення мінливості фінансових процесів з допомогою вирівнювання кривої фінансових надходжень з договорів є метою стратегії хеджування.

Врахування виникнення небезпечних ситуацій при створенні виробу. Заходи взаємного відшкодування збитку є необхідністю в забезпеченні розподілу відповідальності між учасниками ділових договірних відносин.

Диверсифікація є найбільш вживаною стратегією за умови, що метою є зменшення небезпеки. Суттю диверсифікації є забезпечення мінімальних грошових збитків протягом однієї ітерації зважаючи на постійне збільшення факторів ризику, які впливають негативно на ситуацію. Диверсифікація - це поділ грошових ресурсів між певною кількістю активів, фінансові потоки яких не перетинаються.

Мінімізація має на меті мінімізувати ціну за портфель шляхом коректного поділу активів та дій згідно угодам. Використовується в управлінні грошовими, відсотковими, ринковими ризиками.[8].

### 1.3 Поняття міри ризику

Підприємствам, діяльність яких пов'язана з фінансами, необхідно здійснювати коректне дослідження ризику з метою ведення переможної

грошової компанії та керування розвитком. Ці дослідження допоможуть виявити можливі небезпеки та критичні ситуації, які не є очевидними і здійснити запобігання яких можна тільки аналітично дослідивши умови ринку. Дослід має містити систему, спрямовану на пошук впливу можливих небезпечних ситуацій одна на іншу, а також здійснюватися для компонентів підприємства не винятково, а цілісно. Винятковий аналіз здійснюватиметься лише за потреби в глибоких дослідженнях. При зваженні всіх небезпек треба брати до уваги наступні фактори, користю яких просто неможливо знехтувати:

- наявність корисної сукупності внутрішніх положень та знань накопичених протягом дослідів. Знання стосовно управління ризиком підприємства;
- взяти до уваги витoki небезпечних фінансових ситуацій ( інакше кажучи цінові зміни акцій облігацій, тощо);
- взяти до уваги чутливість до змін структурних компонентів небезпечних ситуацій;
- взяти до уваги зміну капіталу та прибутку, що перебувають в зоні небезпеки;
- коректні засоби та шляхи аналізу змістовності, затримки чи упередження та достовірності даних.

Необхідно додати, що вище описані пункти не є вичерпним переліком й можуть бути змінені керівництвом підприємства зважаючи на зміну потреб та стадій розвитку організації [4].

Термін грошової підтримки капіталу та забезпечення капіталу обсягом, достатнім для повернення втрачених внаслідок небезпечних ситуацій коштів є базою для створення систем кількісного оцінювання небезпек ринку, що слугує основою оцінки та дослідження подій, які стосуються передбачення ризикових ситуацій.

Якщо розглядати саме суть, то програмно здійснити аналіз не є складним завданням, а пріоритетним вважається оцінка значення міри ризику. Величина ризику визначається на основі певних значень, але ці показники перебувають у залежності від мети з якою здійснюється дослідження. Причиною цього є залежність сукупності менш значимих показників функціонування підприємства та ризику від обраного домінуючим показника.

Цілі з якими здійснюється в реальному житті оцінка небезпечності ситуації:

- Прийняття рішення щодо об'єму запасного капіталу та достатності його обсягу. Раніше вже було сказано, що з основних цілей керування ризиками в грошовому світі виділяють наступну: досягнення згоди щодо об'єму капіталу, який необхідно мати як рятівне коло для підтримання підприємства на плаву у випадку великих грошових збитків.
- Інструмент керування. Діяльність, спрямована на оцінку ризику забезпечує керування обсягом грошей, які підпадають під небезпеку втрати установою. Можна розглянути продавців в сфері фінансів, що керуються певними вказівками. Зокрема підтримка значення Value-at-Risk рівним 95 відсоткам..
- Страхові премії. Вони забезпечують агентству, зобов'язаному відшкодувати втрати, зменшення ризику появи запитів щодо виплати коштів. Ризик виникнення цих позовів може бути охарактеризований обсягом грошей, що необхідно виплатити. [10, с.34].

### 1.3.1 Підходи до вимірювання ризиків

З давніх-давен задовольнити потреби вимірювання ризику було складно, а тим паче виміряти саме ринковий ризик. Перешкоджала оцінці велика кількість показників, що характеризували лише окремі аспекти, а цілісної картини не давали. Це не відповідало ринковим потребам, оскільки дослідні величини відрізнялися своєю суттю та аспектами, що висвітлювали. Використовували показник залежно від того, що мали на меті, фінансової ситуації, наявних експериментальних даних.

Згодом дійшли висновку, що оптимальним буде поділ шляхів виміру ризику на чотири відмінні групи: шлях оцінки з допомогою номінальної вартості, міра чутливості факторів, міра ризику на основі розподілу втрат, міра ризику на основі сценаріїв.

Підхід номінальної вартості є одним з перших способів кількісно проаналізувати небезпечні ситуації, які пов'язані з цінними паперами. Якщо ми оберемо даний спосіб, то оцінюватимемо ризик результатом додавання вартості окремих акцій, де у відповідність вартості поставимо корегуючий множник, що являє собою результат оцінки вартості акції загалом. Однозначним бонусом даного способу оцінки можна зазначити майже нульову складність. Базельський комітет досі звертається до цього методу оскільки він відповідає гостам.

Міра чутливості факторів є необхідною для коректної оцінки коливань цін на цінні папери, але на додачу може використовуватися для аналізу наперед заданого витоку ризику. Використовується математичний аналіз, а саме диференціювання. Цей метод дозволяє оцінити залежність цін на фінансові одиниці від тих чи інших конкретно заданих обставин, але може призвести до значних неточностей при спробі оцінити небезпечність ситуації в цілому. Також виникають проблеми при спробі зведення оцінки різних чинників до однієї оцінки чи поглинанні ризиків.

Міри ризику на основі розподілу витрат. Найпрогресивнішими показниками ризикованості в сфері торгу акціями є результати вибірки, що можуть слугувати відображенням причинного або без причинного розкиду витрат, спричинених торгівлею на встановленому часовому відрізку. Випадки, що досліджуються, мають тісний зв'язок з дисперсією, значенням під ризиком (value-at-risk) та expected shortfall. Ці моделі оцінки детальніше описуватимуться пізніше. Як правило, якщо брати за основу аналізу виокремлено статистику, то якість аналізу виду розподілу буде сумнівною. Однак слід зауважити, що розподіл витрат дає досить задовільне уявлення і цей факт досить коректно відображає ситуацію.

Міри на основі сценаріїв. Базується сценарний підхід евалюації небезпечних ситуацій на вивченні вірогідних змін у причинах виникнення ризику в найближчий, а іноді віддалений час. Тобто розглядають різні сценарії розвитку подій. Приклади причин: зміна ціни купівлі та продажу грошей на великий процент, катастрофічний розрив грошей, які люди спроможні заплатити банку за користування валютою, та реальними можливостями. Ризик портфеля визначають користуючись найбільшим грошовим збитком після розгляду якомога більшої кількості сценаріїв, де надають меншу увагу випадкам, які вибиваються з вибірки занадто сильно і можуть призвести до викривлення результату. За наявності малої кількості подій, що впливають на ступінь ризику, сценарний підхід є дуже вдалим,

оскільки враховує максимально кожен сценарій. На додачу слід зазначити корисність мір на основі сценарію у якості постачальників додаткових уточнених даних для інших мір. Найбільш відповідальним пунктом є встановлення початкової кількості сценаріїв та ваги кожного окремого сценарію у сукупності. також виділимо необхідність розгляду якомога більшої кількості ризиків для порівняння портфелів. [10, с.34-37].

Якщо розглядати абстрактну ситуацію й конкретне визначення ризику як пов'язаної сукупності вірогіднісних та грошових ознак зміни стану, що є бажаним, на небажаний стан, доцільно задати функцію розподілу та певну кількість подій, які з заданою ймовірністю відбудуться. З вище перерахованих міркувань впливає фундамент мір ризиків: ймовірність негативних шляхів розвитку ситуації, дочірні характеристики та необхідні дані для задання розподілу. Гарно перераховані міркування ілюструє ймовірність відсутності достатньої кількості грошей в підприємства для виплати коштів згідно договорів, що відображає міру впевненості в тому, що капітал організації надто малий для виходу з кризової ситуації. Загалом наведений підхід при розгляді конкретних реальних ситуацій може відігравати роль інформаційної бази, що буде використана при аналізі ступеня міри ризику й обов'язком якої є підтримувати [8]:

- здатність відображати зібрану інформацію зрозуміло коректно чітко;
- можливість стежити за змінами, що відбуваються в процесах;
- здатність співставляти дані, отримані внаслідок дослідів з відповідними типом ризику, визначати збірну оцінку.

Базовою й невід'ємною частиною роботи грошового ризику можна вважати співвідношення ризику та грошових надходжень. Віртуозність в грошовій сфері є наслідком здібності якомога вигіднішим чином компоувати ці величини.



Зазвичай коли необхідно здійснити оцінку ризику, змінною, що є невизначеною і розподілена певним чином, приймають дохідність грошового активу. Сумарна або часткова дохідність знаходиться з допомогою такого виразу:

$$r_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_i} \quad (1.1)$$

де  $r_i$  — Кількість грошей, що надходять завдяки активу в  $i$ тий момент;

$P_i, P_{i-1}$  — Числові значення, що відповідають вартості активу на даний момент часу та момент який передує даному..

У випадку розгляду ситуації на тривалому проміжку часу, використовують геометричну дохідність, яка задана як логарифм за основою числа Ейлера від співвідношення цін активу й виглядає так::

$$r_i = \ln \frac{P_i}{P_{i-1}} \quad (1.2)$$

Неможливо сперечатися, що будь-який з вищезгаданих підходів наділений сильними та слабкими сторонами. Спочатку слід зазначити: геометрична дохідність, з точки зору фінансів, містить більш корисну інформацією ніж арифметична. Ще однією перевагою підрахунку саме геометричної доходності є нескладний підрахунок для декількох часових відрізків, оскільки досить очевидно, що геометрично дохідність записують як результат додавання певної кількості доходностей. [8].

За необхідності дати оцінку фінансовими ризиками, найбільшу увагу приділяють волатильності (мінливості) показників та чутливості чинників, що викликають небезпечні ситуації. Ці показники є найбільш значимими при виконанні оцінки. виходячи з вищесказаного, можна виділити такі шляхи

еволюції ризику: шлях чутливості та ймовірнісний шлях. Необхідно взяти до уваги, що неможливо обмежитися лише одним окремим підходом, оскільки обидва шляхи висвітлюють певні аспекти, які не можна відобразити інакше. Наприклад, при оцінці чутливості, ми можемо отримати деякі ймовірнісні дані, а якщо підемо ймовірнісним шляхом, то отримаємо іноді схожі результати з результатами, отриманими за допомогою способу чутливості. Відмінність між показниками є досить незначною, і вибір які конкретно показники використовувати, залежить від науковця, що виконуватиме дослід. Це також одна з характерних рис фінансових ризиків.

### 1.3.2 Міри ризику на основі розподілу втрат

*Standard deviation (Variance)*. Найчастіше, у грошових відносинах, коли мають потребу в аналізі небезпечної та неоднозначної ситуації, вдаються до так званого показника Sigma, що відображає зміни на ринку фінансів. Цей показник знаходять підносячи дисперсію вибірки до степня  $\frac{1}{2}$ . Такому розповсюдженню Standard deviation має завдячувати теорії портфеля Марковіца, яка є досить впливовою й визначає ступінь небезпечності ситуації за допомогою аналізу дисперсії.

Слід зазначити, що найпопулярнішим в фінансовій справі є Standard deviation, підраховане з використанням даних про доходи, а не даних про вартість певного засобу виробництва. Загалом, якщо розглядати у визначений момент часу певний попередньо зазначений інструмент, відмінностей між розрахунком за ціною чи дохідністю, по кількості даних, наданих для аналізу, майже не буде помітно. Причиною такого стану справ є можливість поставити у відповідність один одному способи розрахунку цих мір. Тим не менш, слід зазначити більшу інформативність стандартного відхилення з

використання даних про дохід, якщо метою є подальше порівняння певних складових сфери фінансів.

Проаналізуємо певний портфель активів, що перебувають під деяким видом загрози й вкажемо  $\Delta t$ . Вважатимемо  $F_L(l) = P(L \leq l)$  функцією репрезентуючою розподілу збитків, зробивши припущення, що його вказали перед тим, як приступити до дослідження. Отже  $F_L$  репрезентує розподіл грошових надходжень. Метою дослідження є якомога достовірніше вказати статистику, що базується на  $F_L$ , яка визначає на скільки важливим є ризик нашого портфелю впродовж чітко зазначеного  $\Delta t$ .

В реальних ситуаціях розподіл дохідності прийнято аналізувати за ретроспективою, беручи до уваги відсутність зв'язку між спостереженням й прямування ймовірності наявності різного розподілу до нуля. Аналіз дохідності цілком адекватно можна виконати з допомогою простого середнього, а небезпечність, варіацію - за допомогою дисперсії. Піднісши значення отримане внаслідок аналізу дисперсій дохідності до степеня  $\frac{1}{2}$  отримаємо мінливість, а інакше кажучи волатильність:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2} \quad (1.3)$$

Де  $N$  – число зафіксованих значень,

$\bar{r}$  – середнє значення, ймовірні грошові надходження.

Мінливість визначає ступінь віддаленості значень дохідності від значень, що є очевидними на нашу думку. Незважаючи на те, що в наукових реаліях і грошовому світі іноді не відрізняють Standard deviation та волатильність, Standard deviation не можна вважати єдиною рисою мінливості, яка включає всі наявні аспекти. Мінливість певної ринкової характеристики відображається зміною значень цієї характеристики

(наприклад зміна цін акцій) й з цього можна зробити висновок, що є цілком можливим задання функції розподілу цієї величини скориставшись дисперсією та стандартним відхиленням. Доцільно буде акцентувати, що волатильність є ознакою, яка відображає залежність зміни в грошових показниках від застосування конкретного інструмента. Стандартне відхилення можна розглядати як ілюстрацію волатильності яка, однак, не є унікальною.

Слід зазначити, що фундаментальним мінусом використання вищенаведеної міри є неможливість з її допомогою знайти відмінності між надто вигідним чи надто невигідним й середнім відхиленнями. з цього приводу Standard deviation є зручним у використанні тільки для розподілів, яким властива симетрія відносно середнього. Прикладом може слугувати нормальний розподіл, але він не є найбільш поширеним випадком в діяльності пов'язаній з аналізом ризику. [10, с.44].

Value-at-Risk. До сих пір неперервно тривають дослідження з метою визначення найточнішого шляху еволюції ризику: вирішили вважати величину грошових збитків мірою ринкового ризику, що визначають виходячи з конкретних гіпотез — VaR (Value-at-Risk) оцінка ризику — Найбільш часто вживаний репрезентатор ризику в підприємствах, діяльність яких пов'язана з грошима й обраний за замовчуванням в межах Базель 2, а отже має право претендувати на скурпульозне вивчення..

Узагальнивши, можна побачити, що сумарний розмір ризику має два витоки — рівень ризикованості (тобто розподілом ймовірності допустимих результатів розвитку ситуації) базового інструменту і значення позиції — аналіз ризику шляхом виділення можливих збитків по позиції робить з них один показник.

Даний показник є доволі досконалим узагальненням згаданих вище якостей необхідних характеристик міри ризику можливостей:

- стислий запис показника конкретним значенням надає йому перевагу потрапити до документації. Показник записується окремо, але за потреби може бути поєднаний з іншими значеннями, які є відображенням стану справ на підприємстві. За такого представлення не викликає питань наочне відображення даних - воно зручне;
- Фінансове значення показника можливих збитків є досить зрозумілим як при використанні його окремо, так і в поєднанні з додатковими грошовими характеристиками. Наприклад розміром грошових надходжень, своїх грошей, коштів, збережених для критичних ситуацій;
- Найчистіше вживаний спосіб визначення взаємозв'язку між потенційним обсягом збитків і капіталом, що є резервним, робить застосування цієї міри ризику можливим для конкретного корегування кількості проведених або потенційних фінансових дій згідно кількості грошей, що підприємство має на даний момент часу. Тобто ця міра більше ніж контейнер інформації;
- застосування вартісного показника збитків Надає можливість належним чином знаходити спорідненості, створювати оцінки небезпечних ситуацій на відмінних один від одного підприємства, мати справу з багатьма різновидами ризику. Слід зазначити, що спроможність аналізувати ризик з використанням різних сукупностей інструментів забезпечує нас, на додачу, кількісним показником явища диверсифікації..

За такого розгляду ситуації, VaR не презентується як заміна певній мірі ризику. VaR претендує на повне їх усунення та встановлення власної гегемонії. (див. п. 2.1).

*Lower and upper partial moments.* Partial moments є збіркою характеристик побудованих з використанням найменшої або найбільшої межі розподілу. Майже у всіх наявних книжках, що стосуються ризик-менеджменту, базова проблема бере витік з небезпечних ситуацій, які

характерні нижній частині розподілу грошових надходжень, для знаходження якого й вдаються до нижніх часткових моментів. Більш детальною з цією інформацією можна ознайомитися тут [10].

*Expected shortfall.* Ця міра має багато схожестей з VaR, а в сучасних ринкових реаліях її навіть обирають частіше, якщо наявна необхідність здійснювати управління ризиком; в великій кількості книжок вона згадується як conditional value at risk (CVaR), середнє значення під ризиком (AVaR), або очікувана втрата хвосту (ETL).

Не дивлячись на те, що ми згадали основні способи оцінки ризиків, не можна стверджувати, що ми розглянули їх усі. Для повноти картини можна згадати: показник максимальних втрат, капітал під ризиком, стресове тестування й ще декілька звичних шляхів оцінки на додачу. Певні з вищезгаданих методів тільки почали ставати більш вживаними в фінансовій сфері, підприємствах, які займаються вкладенням коштів або відшкодуванням збитків. Сьогодні прогрес не спинити й методи оцінювання ризиків весь час покращуються, оновлюються, змінюються.

## Висновки до розділу

Безперервне вдосконалення математичних та програмних засобів, збільшення кількості фахівців, дія вкладчиків грошей, не дозволяють залишити управління ризиком підприємства поза розглядом.

Зробивши певні підсумки, можна зазначити, що базовими джерелами ризику є такі чинники: наявність малої кількості даних про навколишній світ та дуже незначна кількість способів для надання оцінки зібраної інформації, випадкове виникнення негативних ситуацій та завад під час роботи

підприємства, заходи направлені на порушення діяльності фірми, зрада союзниками, міжнародна ситуація та велика кількість інших чинників.

Управління ринковими ризиками потребує найбільшу кількість досліджень й є найбільш неоднозначним. Небезпечні ситуації на ринку створюються внаслідок вчинення певних дій з активами, а також з пасивними, внаслідок коливань процентної ставки, ціни, за яку купують або продають певну валюту, та вартості інших фінансових засобів.

Знайдена велика кількість шляхів, які дозволяють проаналізувати ризик, але засоби VaR та ES є найпопулярнішими засобами для вирішення даної проблеми. Перш за все слід відмітити, що VaR та ES є зрозумілими у використанні та досить очевидним. Причиною цього є знаходження значення потенційних збитків. Далі слід зазначити, що вищезгадані методи відповідають загальним нормам та шляхом здійснення управління грошовим ризиком в підприємствах.

Ринок цінних паперів в нашій країні перебуває на проміжному етапі й зазнає багатьох змін, що робить складним вчасний аналіз фінансових показників та розробку певного адекватного плану дій. Виходячи з цього, важко швидко дійти висновку щодо розподілу який використовувати й тому за замовчуванням вибирають нормальний, але він може виявитися не найкращим вибором. Наслідком є недоцільність використання нормального розподілу для оцінки ринкової ситуації в нашій країні, так як реальні та точні результати будуть відрізнятися від результатів, отриманих внаслідок оцінки і на прогнози мінливості не можна буде покластися. Саме це є поштовхом для створення нових більш зручних та ефективних засобів та ймовірнісних підходів здійснення аналізу ринкових ситуацій та побудови моделей. Цими засобами є VaR та ES, що базується на досить популярному угрупованні ринкових процесів з умовною гетероскедастичністю, що властиві українській економіці сьогодення.

Постановка задачі:

1. Розглянути мат моделі сьогодення з метою відтворення і передбачення процесів зі змінною дисперсією, що стосуються фінансів, шляхів аналізу ризику, який виникає під час торгівлі цінними паперами..
2. Здобутий потрібну кількість статистичної інформації з метою вирахувати всі необхідні характеристики.
3. Запрограмувати код, що забезпечує всі дослідні необхідними підрахунками, а також прогнозує гетероскедастичні процеси, оцінює небезпеку.
4. Використати в реальному житті способи оцінки ризику.
5. Розглянути результати роботи з подальшим підведенням підсумків.



## РОЗДІЛ 2 ОПИС МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

### 2.1 Моделі «Вартість під ризиком» та «Очікуваний дефіцит»

Потреба великих фінансових підприємств в аналізі необхідності ставати учасником тієї чи іншої небезпечної ситуації виникла в 60-ті роки минулого століття як наслідок зростання мінливості на ринку цінних паперів. Під кінець 20 століття, з метою оцінки ринкового ризику конкретним числовим значенням, часто почали використовувати засіб аналізу під назвою Value at Risk (VaR). Цей вид аналізу забезпечив певні стандарти в методиці дослідження ризиків, пов'язаних з фінансами. Value at Risk з англійської перекладається як "значення за умов ризику", "ціна ризику". Першочерговим призначенням суми під ризиком було надання оцінки ризиків, що пов'язані з грошима, але у зв'язку з очевидністю та задовільною точністю забезпечувальних цією моделлю результатів її почали застосовувати в усіх сферах економічної діяльності. Термін Value at Risk означає не тільки необхідну до виконання послідовність дій, а й забезпечує кількісну евалюацію ринкового ризику конкретним числовим показником. Ця оцінка здійснюється на певному, чітко зазначеному проміжку часу для того, щоб зробити очевидним кількість грошових збитків, яку з наперед заданою ймовірністю не перевищать реальні втрати. Базується оцінка вартості під ризиком на отриманих статистичних даних за попередні часові періоди.

До цього вже вказувалося, що ми аналізуємо кількість грошових надходжень певного портфелю цінних паперів впродовж чітко зазначеного інтервалу  $\Delta t$ . Вважатимемо  $F_L(l) = P(L \leq l)$  функцією розподілу відповідних грошових надходжень підприємства. Сутністю оцінки є визначення статистики, що базується на  $F_L$ , яка визначає рівень безпеки під якою знаходиться протягом заданого інтервалу часу  $\Delta t$  наш портфель [10]. Для

такої статистики досить підходящим є найбільше значення, якого можуть набувати грошові збитки, що може бути представлене як  $\inf\{l \in \mathbb{R}: F_L(l) = 1\}$ , міра ризику необхідна для критичних випадків. Тим не менш в значній кількості моделей функція розподілу грошових надходжень  $F_L$  немає обмежуючого значення, а з цього випливає спроможність безмежно втрачати кошти. Звісно, якщо ми користуємося для оцінки міри ризику найбільшим можливим збитком, ми ігноруємо статистичні дані щодо  $F_L$ . VaR в цій ситуації відіграватиме роль розширювача міри найбільшого грошового збитку, що позбавлений негативних властивостей передуючої міри.. Суть цього підходу є впровадження не показника максимального збитку, а знаходження максимального збитку вище якого наші втрати сягати не будуть з певною, попередньо вказаною ймовірністю. Інакше кажучи довірчим інтервалом  $\alpha \in (0,1)$ . Отже VaR зазначеного портфелю Активів в небезпеці з чітко зазначеним  $\alpha$  обчислюватиметься як мінімальне число  $l$  таке, що ймовірність того, що збитки  $L$  будуть більшими за  $l$ , буде не більша за  $(1 - \alpha)$ . Математично, це [10]:

$$VaR_\alpha = \inf\{l \in \mathbb{R}: P(L \leq l) \leq 1 - \alpha\} = \inf\{l \in \mathbb{R}: F_L(l) \geq \alpha\} \quad (2.1)$$

З погляду математичної статистики, VaR – це просто клантиль розподілу втрат. Прийнято обирати значення  $\alpha$  таким:  $\alpha = 0.95$  або  $\alpha = 0.99$ . З метою оцінки ринкових ризиків (а також і операційних) проміжок часу  $\Delta t$  зазвичай беруть в 1 день або 10 днів, але можна й більше. Проте, з означення стає очевидним, VaR для рівня довіри  $\alpha$  не може забезпечити необхідною інформацією про небезпечність та розмах збитків, що з'являться з ймовірністю, яка не перевищує  $(1 - \alpha)$ . Зрозуміло, що саме це і є головним недоліком використання вартості під ризиком у якості міри ризику [10].

Вважатимемо, що розподіл доходності  $F_L$  є нормальним розподілом з середнім  $\mu$  та дисперсією  $\sigma^2$ , та зазначимо належність рівня довіри  $\alpha$  інтервалу  $\in (0,1)$ . Тоді:

$$VaR_\alpha = \mu + \sigma \Phi^{-1}(\alpha), \quad (2.2)$$

де  $\Phi$  — функція стандартного нормального розподілу, і  $\Phi^{-1}(\alpha)$  є  $\alpha$ -квантилем  $\Phi$  [10].

Тоді, правдивим є наступний вираз:

$$P(L \leq VaR_\alpha) = P\left(\frac{L-\mu}{\sigma} \leq \Phi^{-1}(\alpha)\right) = \Phi(\Phi^{-1}(\alpha)) = \alpha \quad (2.3)$$

Даний вираз застосовують для варіантно-коваріаційного підходу (поширений під назвою дельта-нормальний підхід) до вирахування міри ризику, як буде описаний у п.2.1.1 нижче. Вище наведена аналітична формула має наступний зміст: очікувана кількість ризику  $VaR$  набуде більшого значення за реальну кількість ризику  $L$  протягом часового проміжку  $t$  з імовірністю  $\alpha$  ( $\alpha=0,99; 0,95$  і т.п.).

На практиці подібні значення одержимо, якщо нормальний розподіл замінимо розподілом t-Стюдента. Далі вважатимемо, що наше випадкове значення доходності  $L$  таке, що  $\frac{L-\mu}{\sigma}$  є розподілом Стюдента-t з  $\nu$  ступенями вільності. Отже наведена модель доходності як  $L \sim t(\nu, \mu, \sigma^2)$  з центральними моментами  $E(L) = \mu$  та  $var(L) = \nu\sigma^2/(\nu - 2)$ , де  $\nu > 2$ , тоді отримуємо, увавши, що  $t_\alpha$  - функція стандартного розподілу t-Стюдента [10]:

$$VaR_\alpha = \mu + \sigma t_\nu^{-1}(\alpha), \quad (2.4)$$

Виходячи з виразу (2.1), показник Value at Risk може бути описаний нижче наведеними параметрами [8]:

а) Очікуваною мірою небезпеки, що знаходиться як значення по модулю чи у відсотковому відношенні до значення показника на конкретний момент часу.

б) Проміжок часу, що визначають за допомогою найменшого часового періоду, впродовж якого можна позбутися певного ресурсу на ринку без значних фінансових втрат. Відрізок часу відведений для цього визначають беручи до уваги кількість години роботи або годин продажів. В реальному житті, залежно від окремо взятої ситуації, часовим горизонтом можуть бути наступні періоди: 7 днів, 31 день, рік..

в) Глибина проміжку часу рестроспективних або згенерованих науковцями даних для визначення VaR.

г) Рівень надійності (імовірність), з якою найбільша кількість витрачених грошей, не набуде значення більшого, ніж отримане внаслідок оцінки ціни під ризиком, підраховується з урахуванням досвіду підприємства чи чітко встановленої та задокументованої процедури. Розглянемо положення Базельського комітету з контролю роботи підприємств банківської сфери, що сказали рівень довіри рівний 99 відсотками, але в реальному світі, найбільш зручний для використання є рівень довіри рівний 95 відсоткам.

*Expexted shortfall* (очікуваний дефіцит). Для збитків  $L$  з сценіями збитками  $E(|L|) < \infty$  та функцією розподілу  $F_L$  оцікувана нестача (*expexted shortfall*) для рівня довіри  $\alpha \in (0,1)$  визначається як [10]:

$$ES_{\alpha} = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 q_u(F_L) du = \frac{1}{1-\alpha} \int_{\alpha}^1 VaR_u(L) du, \quad (2.5)$$

де  $q_u(F_L)$  – квантиль функція від  $F_L$  з  $u \in (0,1)$ , що в загальному випадку визначається як:

$$q_u(F) = \inf\{x \in \mathbb{R}: F(x) \geq u\}$$

Без чіткого вказання числа рівня довіри  $\alpha$ , ми усереднюємо Value at Risk для усіх щабелів  $u \geq \alpha$ , що дає можливість більш детально проаналізувати вплив хвосту розподілу втрат. Очевидно, що  $ES_\alpha$  перебуває в залежності тільки від розподілу  $L$ , та що  $ES_\alpha \geq VaR_\alpha$ .

Для неперервного розподілу втрат може бути отриманий ще більш очевидний вираз, який ілюструє, що очікуваний дефіцит (expected shortfall) може розглядатися як очікуваний збиток, якого зазнають у разі перевищення Value at Risk [13]:

$$ES_\alpha = \frac{E(L: L \geq q_\alpha(L))}{1-\alpha} = E(L | L \geq VaR_\alpha), \quad (2.6)$$

Позначення мають такий сенс:  $L$  – інтегровані втрати з функцією розподілу  $F_L$  без розривів та довільним числом  $\alpha \in (0,1)$  [10].

Якщо вказати, що розподіл прибутковості  $F_L$  є нормальним розподілом з середнім  $\mu$  та дисперсією  $\sigma^2$ , та стабільним рівнем довіри  $\alpha \in (0,1)$ . Тоді:

$$ES_\alpha = \mu + \sigma \frac{\phi(\Phi^{-1}(\alpha))}{1-\alpha}, \quad (2.7)$$

де  $\phi$  - щільність стандартного нормального розподілу [10].

Тепер вважатимемо, що прибутковість  $L$  є такою, що  $\tilde{L} = \frac{L-\mu}{\sigma}$  є розподілом Стюдента-t з  $\nu$  ступенями вільності. Використовуючи попередню формулу, отримуємо [13]:

$$ES_\alpha = \mu + \sigma ES_\alpha(\tilde{L})$$

Тоді, оцінку Expected Shortfall для стандартного розподілу Стюдента, знаходимо як:

$$ES_{\alpha}(\tilde{L}) = \frac{g_v(t_v^{-1}(\alpha))}{1-\alpha} \left( \frac{v+(t_v^{-1}(\alpha))^2}{v+1} \right), \quad (2.8)$$

де  $t_v$  - функція розподілу, а  $g_v$  - щільність стандартного розподілу Стюдента [10].

Серед позитивних рис наведених способів підрахунку можна виокремити такі: здатність оцінити небезпеку, як обсяг потенційних збитків та поставити у відповідність з вірогідністю завдання цих збитків; багато шляхів визначення та співставлення оцінки небезпеки у різних фінансових галузях; акумульоване значення характеристики небезпеки по портфелю за наявності такої необхідності. [8].

Запишемо далі визначення більш математично, маючи на увазі аналіз ринкових ризиків: при вказаному значенні ймовірності  $(1 - \alpha)$ , *Value at Risk* є прогнозованою кількістю втрат грошового засобу (портфелю) впродовж вказаного періоду часу.

Нехай,  $P_t$  — споглянуте значення ціни акції (портфелю) в задану мить  $t$ , відповідно  $r_t$  — прибутковість активу (портфелю), знайдена за формулами (1.1) або (1.2). За гіпотези про нормальний розподіл доходності, *Value at Risk* характеризується значенням  $Var_t^{(1-\alpha)}$ , що задовольняє умові [21]:

$$\alpha = P(r_t \leq Var_t^{(1-\alpha)}) = \int_{-\infty}^{Var_t^{(1-\alpha)}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}r_t^2\right) dr_t \quad (2.9)$$

Далі можна зробити висновок, що  $VaR_t^{(1-\alpha)} = \xi_\alpha$ , де  $\xi_\alpha$  —  $(1 - \alpha)$ -відсотковий квантиль розподілу випадкової величини. В загальному випадку, де  $\xi_t \sim N(\mu_t, \sigma_t^2)$  маємо:

$$\alpha = P(\xi_t \leq VaR_t^{(1-\alpha)}) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{VaR_t^{(1-\alpha)}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\xi_t - \mu_t}{\sigma_t}\right)^2\right) d\xi_t \quad (2.10)$$

Звідки

$$VaR_t^{(1-\alpha)} = \mu_t + \xi_\alpha \sigma_t \quad (2.10)$$

Отже в припущенні, що  $r_t \sim N(0,1)$  ймовірність збитку менше ніж  $VaR_t^{(0.95)} \equiv VaR_t^{(1-0.05)} = -1.645$  дорівнює  $\alpha = 5\%$ . Значення  $VaR_t^{(1-\alpha)}$  означає вартість під ризиком при рівні довіри  $(1 - \alpha)$  [16, 18].

Наочну ілюстрацію методу *Value at Risk* можна знайти на рисунку 2.1 [8, 21]. Вкрита косими лініями область відповідає прийнятому достатнім рівню довіри 95%. *Value at Risk* являє собою найбільшу можливу величину можливих втрат, що відповідають попередньо вказаному рівню довіри.

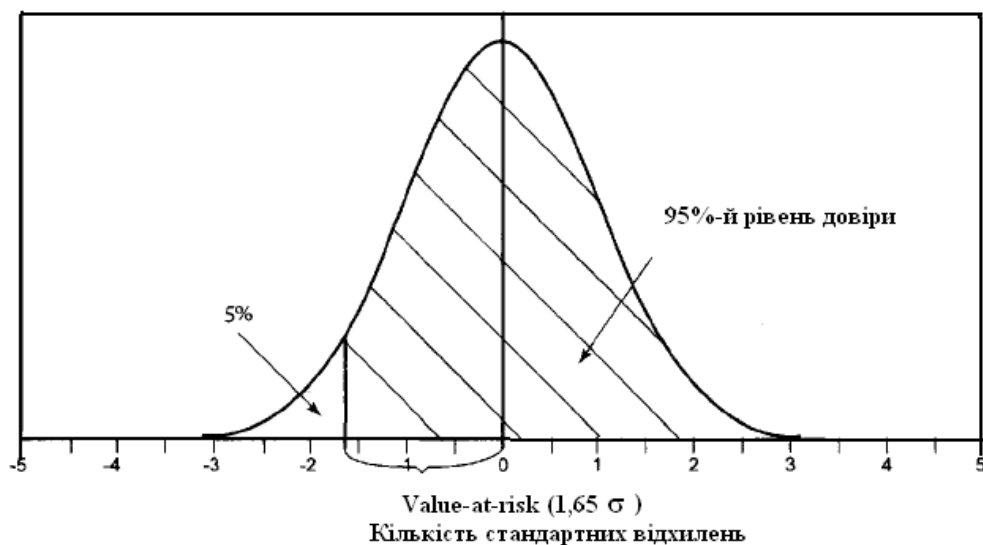


Рисунок 2.1 — Визначення величини VaR на графіку щільності розподілу

## 2.2 Методи оцінювання

Найбільш складним впродовж процесу аналізу вартості під ризиком є зробити висновок щодо поділу грошових надходжень фінансового засобу. Незважаючи на це, спроби оцінки все ж таки здійснюються, а точніше виділяють дві сукупності шляхів для обчислення value at risk [8]:

- параметричні методи (оцінюють фінансовий інструмент локально);
- непараметричні методи (оцінюють фінансовий інструмент загально, в як найможна більшому обсязі, не висувають гіпотез що до наближення певних значень).

Методу value at risk слід приділити більше увага, оскільки він є одним з основних. Для методів, де відсутні параметри, немає необхідності конкретно вказувати кількість змінних величин, що використовуватимуться для аналізу характеру функції та її загального аналізу. [8]. Далі наведемо найчастіше вживані та популярні методи без параметрів:

- метод історичного моделювання;
- метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Витоком вищенаведених підходів є створення певної функції на основі нашого досвіду, що відображає цінові коливання, а інакше кажучи потенційні грошові надходження та обсяг грошових збитків.

*Метод історичного моделювання* базується на міркуванні про те, що зміна ринкових цін майже відсутня в найближчі проміжки часу. Головною ідеєю методу історичного моделювання є застосування при підрахунках не вигаданого, а вже існуючого часового ряду, для певним чином розподілених випадкових значень. [14]. Для початку обчислень необхідно визначитися з: базовим переліком вартостей акцій; проміжком часу, для якого існує потреба



у визначенні ціни під ризиком, та довірчим інтервалом (значення  $\alpha$ ). Тепер визначимо перелік кроків за допомогою яких здійснюється оцінка методом історичного моделювання: знаходяться коливання у значеннях вартостей – грошових надходжень (збитків) активу або їх певної сукупності. Доходність, знайдену раніше, сортують від меншого до більшого і в залежності від  $\alpha$  виділяють таку кількість значень, щоб відношення обраних значень до загального об'єму часового ряду не перевищувало  $(1-\alpha) \%$ , починаючи з значень менших за нуль. Наступне значення, якому відповідає найменший порядковий номер серед тих, що залишилися після відокремлення, і є необхідним нам значенням Value at Risk [22].

Серед найбільш наочних позитивних рис даного підходу є майже нульова складність і очевидність підрахунків. Для отримання найточнішого значення за допомогою методу value at risk необхідно скористатися більшою кількістю даних про вартість акцій у минулому. Однак не потрібно використовувати занадто велику кількість інформації з минулого, оскільки ці дані можуть бути застарілими і результати value at risk будуть не точними. Ще однією перевагою методу історичного моделювання є можливість не висувати гіпотезу стосовно виду розподілу грошових надходжень, а також не обирати один з вже існуючих видів розподілу (наприклад нормальний розподіл). Це є корисним якщо зважати на такзвану властивість «товстих хвостів». Тим не менш, слід зважати на те, чи дійсно початкова вибірка відображає процес коректно. До негативних властивостей даного методу відносить потенційно велику тривалість підрахунку [8].

*Метод Монте-Карло*, має деякі подібні риси з історичним методом, але в деяких аспектах він все ж таки відмінний. Одним з цих аспектів є коливання вартості активів, які в методі Монте-Карло створюються випадково, а за основу обирається розподіл вказаний попередньо. Слід зазначити довільність розподілу, що обирається. Створена велика кількість засобів для моделювання зміни вартостей. Представником цих засобів може бути модель броунівського

руху. Цікаво відмітити, що поміж великої кількості шляхів аналізу присутня модифікація метода Монте-Карло, за якої немає потреби визначати розподіл випадкових величин, а можна відразу долучити до підрахунків відстеження дані. До позитивних рис даного методу можна віднести здатність аналізувати не тільки одну, конкретну лінію зміни вартості, як при попередньому способі моделювання, а довільну кількість, що беззаперечно підвищує якість аналізу. До негативних рис методу Монте-Карло можна віднести невеликі значення точності при занадто зменшеній кількості наданої інформації та застосування гіпотези про незалежність грошових надходжень від часу. [14].

Ще один шлях для аналізу вартості під ризиком — методи з певними параметрами, в підґрунтя яких, як вже вказувалося, лягло локальне оцінювання. Наявність локального оцінювання знаменує лінійний, або складніший спосіб наближення функції вартості грошового засобу, що записується внаслідок адекватних міркувань та висновків. Зручно застосовувати наступні методи визначення Value at Risk: дельта-нормальний метод та дельта-гама наближення.

Найпоширенішим у сучасному фінансовому світі можна назвати дельта-нормальний метод обчислення. Дельта-нормальний метод був тією основою на якій пізніше створено Value at Risk. Основним припущенням даного методу є гіпотеза про нормальний закон розподілу логарифмічних грошових надходжень активу (2.4). Є очевидним, що за наявного нормального розподілу логарифмів відношень вартостей (іншими словами геометрична доходність) самі відношення вартостей матимуть логнормальний розподіл.

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \sim N(\mu, \sigma^2) \quad (2.11)$$

Нехай грошові надходження активів мають нормальний розподіл (2.8) і не корелюють між собою. Скориставшись вказаним вище визначенням (2.2) та

(2.3), а також обчисленнями (2.8) та (2.9), матимемо формулу для знаходження значення Value at Risk (2.10), що при рівності середнього нулю можна відобразити таким математичним чином:

$$VaR^t_{\alpha} = \sigma \Phi^{-1}(\alpha) = -\sigma \Phi^{-1}(1 - \alpha)$$

При  $\alpha = 0.01; 0.05$  формулу запишемо так [12]:

$$\begin{aligned} VaR^t_{95\%} &= -1.64\sigma, \\ VaR^t_{99\%} &= -2.33\sigma \end{aligned}$$

Зрозуміло, що в умовах сучасного ринку дисперсії та середньому може бути властива мінливість. Слід зазначити, що більш широкого використання набули моделі, у яких волатильність  $\sigma_t$  змінюється з плином часу.

Якщо ми маємо справу з тривалим проміжками часу: наприклад з проміжком, який перевищує добу, є доречним припускати, що волатильність змін вартостей пропорційна величині часового проміжку на якому здійснюватиметься передбачення. Ця гіпотеза надасть можливість оцінити ризик на ринку цінних паперів з допомогою масштабування значення, отриманого після аналізу однієї доби методом Value at Risk. У випадку достатньо малих часових проміжків  $T$  (менше 11 діб) задовільною вважатиметься оцінка при знаходженні добутку з  $\sqrt{T}$  [8].

Очевидно, що дельта-нормальний метод має деякі позитивні властивості. Наприклад, підрахунок з його допомогою легко забезпечити програмними методами, а часові витрати на накопичення необхідної інформації є досить малим. Причиною виникнення недоліків є гіпотеза про нормальність розподілу грошових надходжень, оскільки на практиці велика кількість фінансових активів на межі розподілу щільності розподілу ймовірностей розподілена інакше. Отже, результати Value at Risk, знайдені

виходячи з припущення про нормальний розподіл величин, можуть бути надто великими або малими. [15].

Дельта-гамма метод (часто зустрічається як дельта-гамма-вега наближення) дозволяє врахувати відповідні ризики, такі як зміна значення дельти або волатильності. Це допомагає посилити переваги дельта-нормального методу за рахунок можливості більш прийнятної оцінки нелінійних фінансових інструментів, проте, значно ускладнює розрахунки [8].

## 2.2 Оцінка якості моделей

Незалежно від вибраного підходу, модель розрахунку VaR необхідно верифікувати (від англ. *verification* — перевірка, підтвердження) за-для уникнення ризику застосування неадекватної моделі. В літературі також може зустрічатись більш розповсюджена назва цього процесу, як «бек-тестування» (*backtesting*). Верифікація моделі дозволяє встановити ступінь адекватності використаної моделі оцінки ринкового ризику у вигляді показника VaR та ES реальним умовам ринку [5].

Для того щоб оцінити якість конкретної моделі, підрахунки необхідно порівняти з фактичними результатами з метою визначення наскільки модель «життєздатна» для проміжку часу для якого були зроблені прогнози VaR та ES. Саме тому необхідно перевірити відповідність прогнозів моделі щодо припущень, що лежать в основі вибору моделі тобто, розподілі втрат або залишків. Нажаль, теорія бектестування та її методологія розроблялись не стільки для показника ES, як переважно для VaR. В даній роботі для VaR виконується трьох-етапний безумовний тест покриття (*unconditional coverage test*) та тест на незалежність (*independence test*). Для показника ES використовується V-test.

На заданому рівні довіри  $q \in (0, 1)$  очікуємо, що фактична втрата  $X_{t+1}$  перевищить оцінку  $Var_q^t(X_{t+1})$  лише для  $100(1 - q)\%$  випадків. Прийнято називати такі перевищення VaR-розриви (VaR-breaks). Зокрема для VaR-моделі, яка адаптується до нещодавніх втрат і нестабільності очікується, що VaR-розриви будуть незалежні один від одного. Саме тому спосіб перевірки якості моделі VaR полягає в тому, щоб протестувати, чи модель здійснює очікувану кількість VaR-розривів, а також перевірити, чи VaR-розриви не залежать один від одного. З цією метою формується послідовність змінних індикаторів, що представляють VaR-розриви як:

$$I_{t+1} = \begin{cases} 1 & \text{if } X_{t+1} > Var_q^t(X_{t+1}) \\ 0 & \text{if } X_{t+1} \leq Var_q^t(X_{t+1}) \end{cases}, \quad (2.12)$$

З розміром вибірки  $T$  обраховані значення VaR дають послідовність  $\{I_t\}_{t=1}^T$  ("послідовність перевищень"). Найпростіша можлива нульова гіпотеза полягає в тому, що  $I_t$  це змінні Бернуллі з вірогідністю успіху  $\alpha = 1 - q$ . Так,  $\{I_t\}_{t=1}^T$  являє собою послідовність випадкових незалежних однаково розподілених величин Бернуллі. Функція щільності розподілу Бернуллі ( $p$ ) задана формулою:

$$f(I_t; p) = p^{I_t} (1 - p)^{1-I_t}$$

*Безумовний тест покриття (Unconditional coverage test).* Спочатку необхідно перевірити, чи виробляє модель стільки VaR-розривів, скільки очікувалося для заданого рівня довіри  $\alpha$ ; здійснюється це за допомогою безумовної перевірки покриття. Порівнюється теоретична частка  $\pi$  вибірки

VaR-розривів з прогнозованою часткою  $\alpha$ ; нульова гіпотеза для безумовного тесту на покриття:  $\pi = \alpha$  [17]. Це порівняння проводиться за допомогою тесту відношення правдоподібності. Позначивши  $T_1$  і  $T_0$  як кількість «попадань» та «промахів» у вибірці розміру  $T$ , правдоподібність функції для нульової гіпотези визначається:

$$L(\alpha) = \prod_{t=1}^T p^{I_t} (1-p)^{1-I_t} = p^{T_1} (1-p)^{T_0} \quad (2.13)$$

Оцінюватимемо  $\pi$  за  $\hat{\pi} = T_1/T$ , що є максимальною оцінкою правдоподібності  $\pi$ . Тоді, максимізована правдоподібність для вибірки:

$$L(\hat{\pi}) = \left(\frac{T_1}{T}\right)^{T_1} \cdot \left(\frac{T_0}{T}\right)^{T_0} \quad (2.14)$$

Статистика співвідношення правдоподібності обраховується як:

$$LR_{uc} = -2[L(\alpha)/L(\hat{\pi})] \quad (2.15)$$

Вона асимптотично (в  $T$ ) розподіляється як  $X^2$  випадкова величина з одним ступенем свободи, так що для оцінювання можна використовувати квантілі розподілу  $X^2(1)$ . Як відмічає Крістофферсен [17], кількість спостережень  $T$ , а тим більше – кількість перевищень  $T_1$  (особливо для маленьких  $\alpha$ ), на практиці може бути занадто малим для того щоб забезпечити надійність тестування. Замість цього Крістофферсен рекомендує

здійснити моделювання Монте-Карло, щоб отримати надійні р-значення для цього тесту.

*Тестування незалежності.* Далі необхідно перевірити, чи не є VaR-розриви незалежними один від одного, чи створюють вони кластери. Якщо так, це означатиме, що модель VaR не адаптується достатньо і досить швидко до великих втрат, і може створити ризик банкрутства в дуже короткий термін в той час як втрати накопичуються. Знати, що VaR-розриви не є незалежними на практиці означає, що ймовірність розриву завтра, враховуючи те, що розрив був сьогодні більше, ніж  $\alpha$ . Крістофферсен надає спосіб перевірки на незалежність [17]. Припустимо, що послідовність перевищень  $\{I_t\}_{t=1}^T$  залежна і що вона може описуватися дискретним ланцюгом Маркова з матрицею ймовірнісного переходу:

$$\Pi_1 = \begin{bmatrix} \pi_{00} & \pi_{01} \\ \pi_{10} & \pi_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \pi_{01} & \pi_{01} \\ 1 - \pi_{11} & \pi_{11} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

де  $\pi_{ij} (i, j \in \{0, 1\})$  це ймовірність того, що  $I_{t+1} = j$  залежить від  $I_t = i$ .

Наприклад,  $\pi_{11}$  - це ймовірність того, що VaR-розрив виникне завтра якщо такий виникнув сьогодні. Згідно з цією моделлю, тільки сьогоднішній результат має значення для завтрашнього результату; більш ранні результати не говорять нічого про результат завтра. Із  $T$  спостереженнями, функція правдоподібності цього процесу визначається, як:

$$L(\Pi_1) = (1 - \pi_{01})^{T_{00}} \cdot \pi_{01}^{T_{01}} \cdot (1 - \pi_{11})^{T_{10}} \cdot \pi_{11}^{T_{11}} \quad (2.17)$$

Слід розкрити зміст позначень:  $T_{i,j}$  - кількість днів, протягом яких  $j$  слідував за  $i$  у послідовності перевищень, з  $i, j \in \{0, 1\}$ . Оцінка максимальної правдоподібності для цих ймовірностей:

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_{01} &= \frac{T_{01}}{T_{00}+T_{01}} & \Rightarrow & \quad \hat{\pi}_{00} = 1 - \hat{\pi}_{01} \\ \hat{\pi}_{11} &= \frac{T_{11}}{T_{10}+T_{11}} & \Rightarrow & \quad \hat{\pi}_{10} = 1 - \hat{\pi}_{11}\end{aligned}$$

Звідки матриця оцінок ймовірностей переходу

$$\hat{\Pi}_1 = \begin{bmatrix} \hat{\pi}_{00} & \hat{\pi}_{01} \\ \hat{\pi}_{10} & \hat{\pi}_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{T_{00}}{T_{00}+T_{01}} & \frac{T_{01}}{T_{00}+T_{01}} \\ \frac{T_{10}}{T_{10}+T_{11}} & \frac{T_{11}}{T_{10}+T_{11}} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Якщо послідовність наслідків залежна, тоді  $\pi_{01} \neq \pi_{11}$ . Якщо послідовність була незалежною, то  $\pi_{01} = \pi_{11} = \pi$ . Оскільки найбільша зацікавленість є у позитивній залежності, тобто  $\pi_{11} > \pi_{01}$ ,  $\pi$  можна оцінити, як  $\hat{\pi} = T_1/T$ , як і раніше. Таким чином, під незалежністю ми отримуємо матрицю ймовірностей переходу

$$\hat{\Pi} = \begin{bmatrix} 1 - \hat{\pi} & \hat{\pi} \\ 1 - \hat{\pi} & \hat{\pi} \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

яка має ту ж функцію правдоподібності  $L(\hat{\pi})$ , як і в безумовному тесті покриття. Тоді ми можемо перевірити гіпотезу незалежності  $\pi_{01} = \pi_{11}$  знову за допомогою тесту відношення правдоподібності з статистикою:



$$LR_{ind} = -2[L(\hat{\pi})/L(\hat{\Pi}_1)] \quad (2.20)$$

яка асимптотично розподілена як  $X^2$  випадкова величина з одним ступенем свободи. Крістофферсен рекомендує використовувати симуляцію Монте-Карло, щоб отримати точне р-значення замість використання квантилів з розподілу  $X^2(1)$  при тестуванні гіпотези незалежності. Це робиться таким же чином, як і для безумовного випробування покриття.

*Умовний тест покриття (Conditional coverage test).* Нарешті, два вищезазначені тести можуть бути об'єднані для правильного спільного тестування покриття та незалежності. Оскільки кодиний  $LR_{uc}$  та  $LR_{ind}$  є  $X^2(1)$ -розподіленим (асимптотично), їх сума повинна бути  $X^2(2)$ -розподілена, і ми можемо створити статистику тесту

$$LR_{cc} = LR_{uc} + LR_{ind} = -2[L(\alpha)/L(\hat{\Pi}_1)] \quad (2.21)$$

Подібно до двох попередніх тестів, моделювання Монте-Карло проводиться для отримання більш точних р-значень.

*V-тест для Expected shortfall.* У роботі [17] було запропоновано декілька методів оцінки ефективності різних оцінок ES, виходячи з відносного розміру тестової статистики. Перша статистика  $V1$  просто приймає середнє значення різниці між фактичною доходністю та прогнозованим очікуваним дефіцитом, у днях, коли фактична доходність перевищила оцінку VaR. Якщо модель є достатньо адекватна, значення  $V1$  має бути близьке до нуля. Для вибраної ймовірності  $q$ ,  $V1$  визначається наступним чином:

$$V_1 = \frac{\sum_{t=1}^T (x_{t+1} - \widehat{ES}_q^t(X_{t+1})) 1_{\{x_{t+1} > \widehat{x}_q^t\}}}{1_{\{x_{t+1} > \widehat{x}_q^t\}}} \quad (2.22)$$

В наведеній вище формулі  $\widehat{x}_q^t = \widehat{VaR}_q^t(X_{t+1})$ , а  $T$  - загальна кількість оцінок  $ES$  для певного набору даних. Слабкість цієї оцінки полягає в тому, що вона сильно залежить від оцінок  $VaR$ . Це може означати, що ми фактично маємо середнє значення для підмножини, розмір якої сильно відрізняється від бажаного розміру  $T(1 - q)$  залежно від того, наскільки поганими є оцінки  $VaR$ . За допомогою  $ES_q$  відшукується середній розмір одного з  $1/(1 - q)$  - подій. Методом, який розглядає ці типи подій, є міра  $V_2$ , визначена як:

$$V_2 = \frac{\sum_{t=1}^T (x_{t+1} - \widehat{ES}_q^t(X_{t+1})) 1_{\{D_t > D_q\}}}{1_{\{D_t > D_q\}}} \quad (2.23)$$

в якій  $D_t = (x_{t+1} - \widehat{ES}_q^t(X_{t+1}))$  та  $D_q$  - емпіричний  $q$ -квантиль для  $\{D_t, t = 1, 2, \dots, T\}$ . Очікується, що  $D_t$  буде негативним менш, ніж у  $1/(1 - q)$  випадках. Отже, правильна оцінка для  $ES$  при оптимістичних прогнозах дасть нам оцінку, близьку до нуля.

$V_1$  і  $V_2$  можуть бути об'єднані в третю міру, яка забезпечує баланс між теоретичною мірою  $V_1$  та більш практично орієнтованою мірою  $V_2$ , що може бути визначена як:

$$V = \frac{|V_1| + |V_2|}{2} \quad (2.24)$$

Дана оцінка також має бути близькою до нуля для адекватних моделей.

Зрозуміло, що чим більша кількість спостережень, тим легше відкидається модель оцінки  $VaR$  у випадку її некоректності. Однак, чим менше задана ймовірність, тим важче зрозуміти, чи завищена оцінка  $VaR$ , тому на практиці більшість задає ймовірність на рівні 5%. Якщо по результатам верифікації моделі точність оцінки  $VaR$  виявляється незадовільною, необхідно перевірити вибраний розподіл доходності та його параметри на відповідність тим, що реально спостерігаються, проаналізувати ретроспективу даних на наявність аномальних явищ на ринку і, можливо, змінити її глибину при оцінці вхідних параметрів моделі [8].

### 2.3 Недоліки моделей

Підсумувавши, можемо зробити висновок, що показник  $VaR$  як статистика, що характеризує ризик фінансового інструменту, незалежно від обраного методу розрахунку, безперечно володіє багатьма достоїнствами. Головним серед них є відносна простота уявлення інформації про ризик та практична корисність для керування різними фінансовими інструментами. Однак, цей метод оцінювання ринкових ризиків має також цілий ряд суттєвих недоліків:

а) відсутність інформації про найгірший можливий збиток за межами значення ризикової вартості. Наприклад, при заданому рівні довіри  $(1 - \alpha) = 95\%$  залишається невідомою інформація про те, якими можуть бути втрати в 5% випадків, що залишилися;

б) відсутність інформації про вид розподілу збитків;

в) показник VaR не є однозначно визначеним: для одного й того самого фінансового інструменту при різних рівнях довіри його значення можуть суттєво відрізнятися.

Саме тому для оцінки ризиків потрібно застосовувати системний підхід, тобто користуватися кількома методиками оцінки для повного уявлення про можливі втрати. Наприклад, для врахування ризику екстремальних подій використовують відносно новий підхід стрес-тестування, що є різновидом сценарного аналізу. Стрес-тестування — кількісний метод оцінювання ризику, суть якого криється у визначенні значення неузгодженої позиції при шоківій зміні зовнішнього фактору, як, наприклад, курс обміну валют, процентна ставка тощо [11].

## Висновки до розділу

Розглянута методика VaR дозволила уніфікувати підходи до кількісної оцінки ринкового ризику у вигляді єдиного параметра. VaR — це виражена в грошових одиницях базової валюти оцінка величини, яку не перевищать очікувані протягом даного періоду часу (часового горизонту) втрати з заданою ймовірністю (рівнем довіри).

Для оцінки VaR використовуються методи локального оцінювання та повного оцінювання. Волатильність доходності інструменту, пошук якої є основною проблемою при розрахунку VaR дельта-нормальним методом, може бути оцінена з використанням моделей, що враховують динаміку дисперсії у часі. Головним недоліком методів локального оцінювання є припущення про нормальний розподіл ретроспективних даних, за якими і відбувається оцінка волатильності факторів ризику.

Мірою волатильності фінансових процесів часто вситупає дисперсія та

стандартне відхилення. Зміна даних величин у часі потребує розроблення та використання таких математичних моделей, що дозволили б коректно описувати поведінку волатильності та прогнозувати її значення на один або більше кроків у майбутнє. Це значно покращить якість рішень при процесі ризик-менеджменту та інших залежних від фінансового ринку бізнесів, як наприклад, рішення щодо купівлі/продажу акцій, валюти, оцінювання мір ризику банківській діяльності.

Саме тому в цьому розділі викладені основні теоретичні відомості щодо математичних методів моделювання та прогнозування гетероскедастичних процесів.

## РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 3.1 Математичний аналіз цін

Аналізуватимемо акції Apple. Побудуємо для даних модель  $AR(1)$ .  
Графік процесу ціноутворення на акції фірми Apple подано на рисунку 3.1.

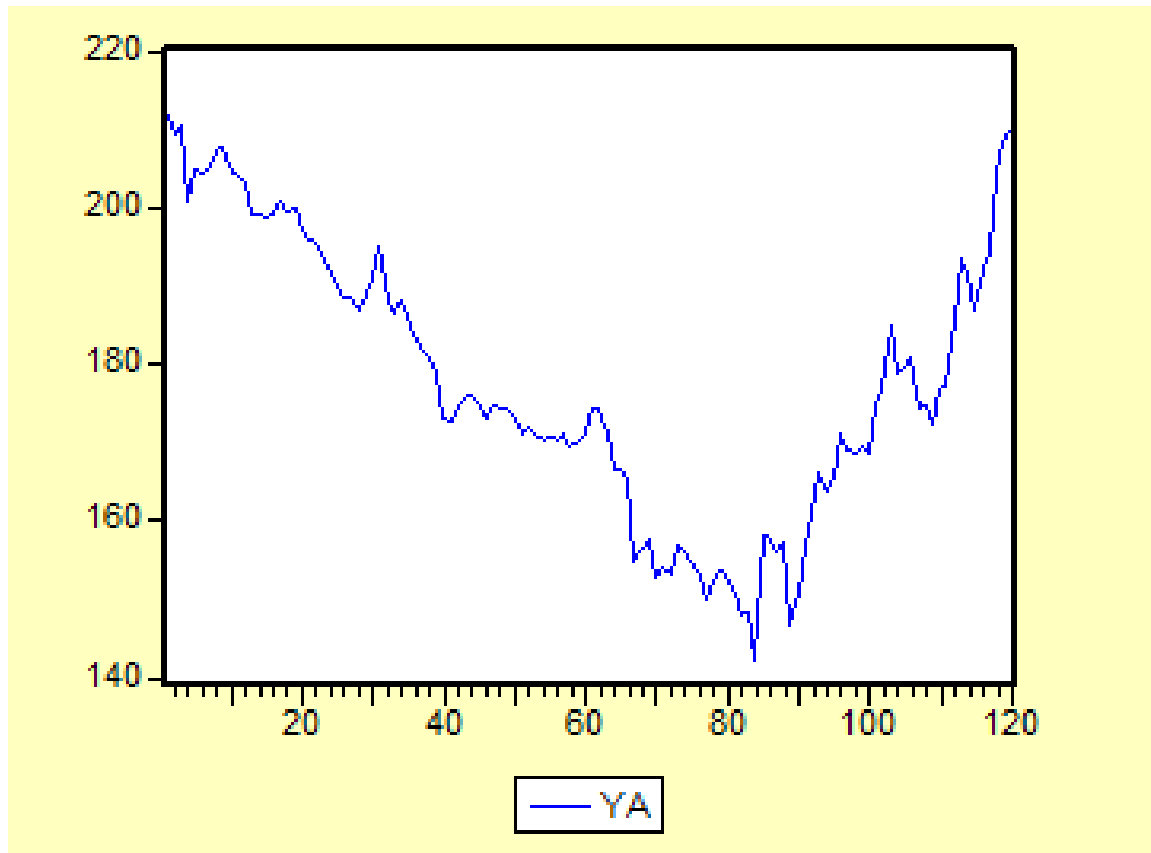


Рисунок 3.1 — Графік процесу ціноутворення для компанії Apple

З наведеного графіка видно, що процес не стаціонарний. Тобто він містить тренд складної форми, а його дисперсія різна на різних ділянках дослідження. Далі необхідно побудувати модель умовної дисперсії цього процесу, яка є функцією часу. Для виділення випадкової змінної процесу, яка формує його дисперсію, побудуємо модель авторегресії першого порядку і скористаємось її залишками.

Таблиця 3.1 — Результати побудови моделі авторегресії першого порядку

Dependent Variable: YA

Method: Least Squares

Date: 05/14/19 Time: 16:16

Sample(adjusted): 2 120

Included observations: 119 after adjusting endpoints

 $YA = C(1) + C(2) * YA(-1)$ 

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	4.299031	3.487748	1.232610	0.2202
C(2)	0.975701	0.019550	49.90846	0.0000
R-squared	0.955136	Mean dependent var	177.5277	
Adjusted R-squared	0.954752	S.D. dependent var	17.54422	
S.E. of regression	3.731930	Akaike info criterion	5.488392	
Sum squared resid	1629.494	Schwarz criterion	5.535100	
Log likelihood	-324.5593	Durbin-Watson stat	2.046157	

Похибки моделі знаходяться у файлі resid. З цих похибок формуємо новий ряд у вигляді квадратів залишків, графік яких подано на рисунку 3.2.

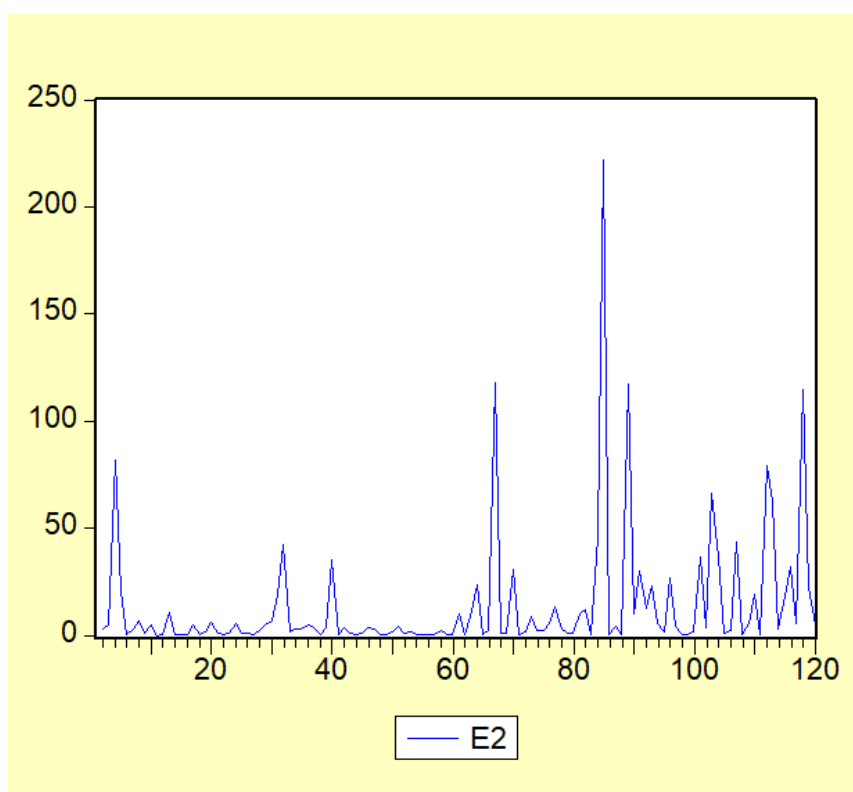


Рисунок 3.2 — Графік квадратів залишків моделі AR(1)

Для визначення порядку моделі для середнього значення (Mean model) побудовано також автокореляційну (АКФ) та частково автокореляційну функцію (ЧАКФ), що зображено на рисунку 3.1. За графіком ЧАКФ помітно, що можна побудувати модель для середнього значення  $AR(1)$ . Але оскільки очевидної автокореляції не виявлено, будемо використовувати модель з постійним значенням середнього.

З графіка видно, що дисперсія процесу ціноутворення суттєво змінюється у часі. Для побудови моделі авторегресії з умовною гетероскедастичністю ( $ARUG(p)$ ) обчислюємо автокореляційну функцію для квадратів залишків. Вона подана на рисунку 3.3.

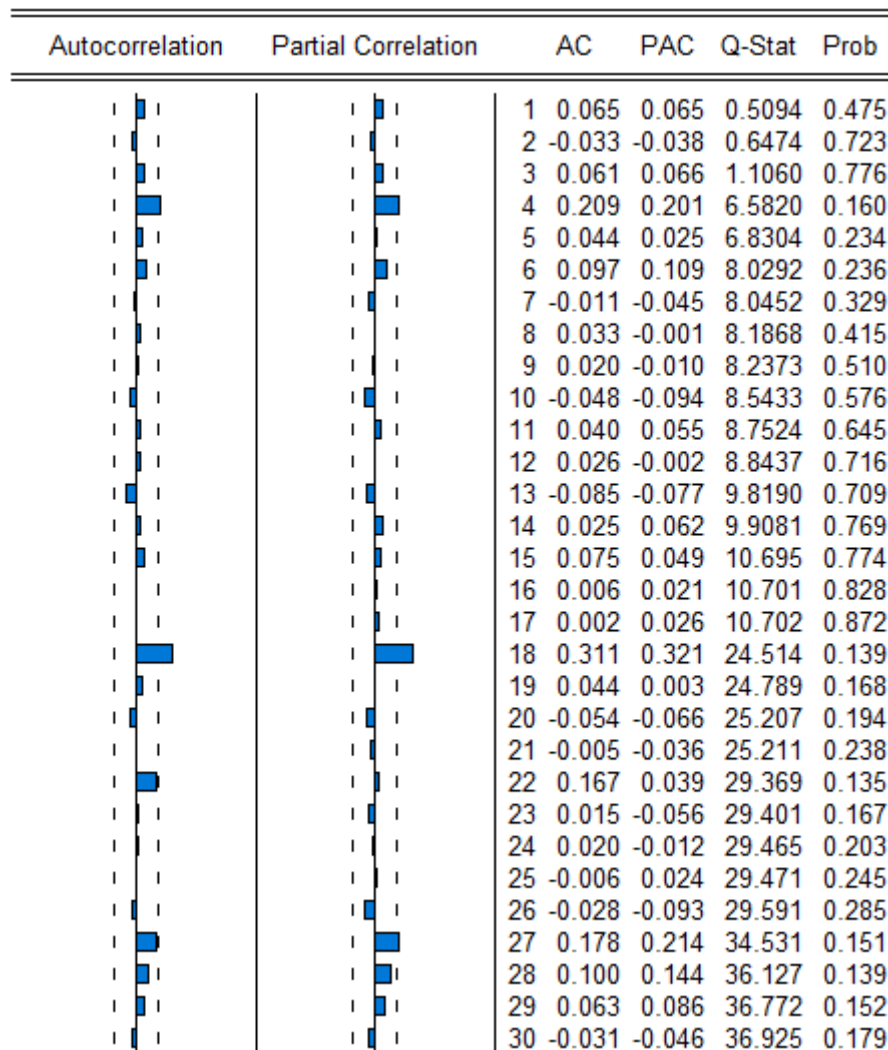


Рисунок 3.3 — Графіки та значення АКФ та ЧАКФ для квадратів залишків



З наведеної ЧАКФ видно, що у модель необхідно включати затримані у часі значення квадратів залишків: 2, 4, 18. Тепер будуємо модель АРУГ(p) для квадратів залишків. Результати побудови подані в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 — Результати побудови моделі дисперсії АРУГ(18)

Dependent Variable: E2				
Method: Least Squares				
Date: 05/14/19 Time: 18:32				
Sample(adjusted): 20 120				
Included observations: 101 after adjusting endpoints				
$E2 = C(1) + C(2)*E2(-4) + C(3)*E2(-18)$				
	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.197077	3.324544	2.164831	0.0328
C(2)	0.234414	0.096076	2.439886	0.0165
C(3)	0.398824	0.099746	3.998382	0.0001
R-squared	0.184079	Mean dependent var	14.71945	
Adjusted R-squared	0.167427	S.D. dependent var	31.59152	
S.E. of regression	28.82581	Akaike info criterion	9.589672	
Sum squared resid	81430.87	Schwarz criterion	9.667349	
Log likelihood	-481.2784	Durbin-Watson stat	1.970607	

Отримане значення R-квадрат свідчить про низьку адекватність цієї моделі ряду квадратів залишків. Перевірка цієї моделі на однокрокове прогнозування дисперсії свідчить про низьку якість прогнозів: САПП дорівнює 15641.80. Тому, далі будемо будувати удосконалену модель дисперсії (Рис3.4).

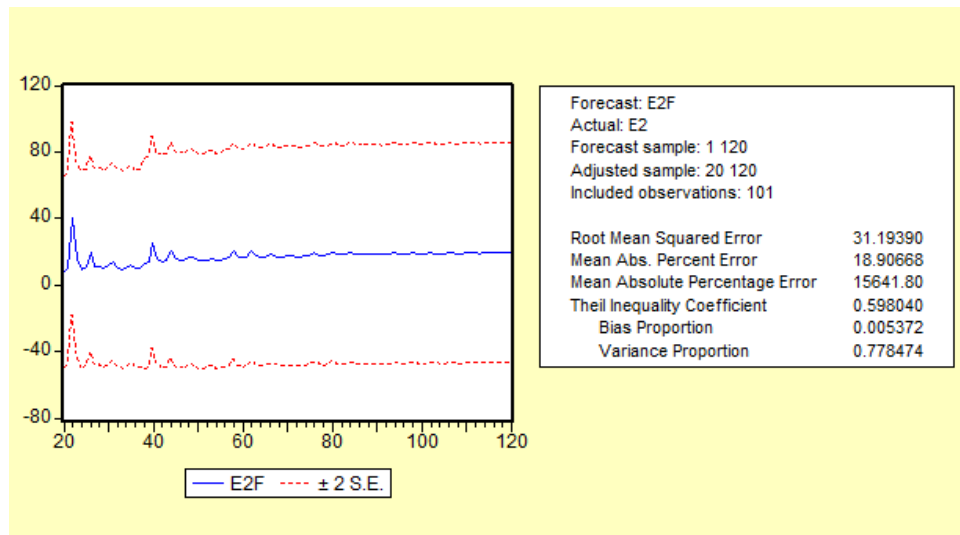


Рисунок 3.4 — Результати однокрокового прогнозування дисперсії за моделлю АРУГ(18)

Далі будемо узагальнену модель авторегресії з умовною гетероскедастичністю. Для цього необхідно розрахувати додатковий часовий ряд умовної дисперсії  $h(k)$ . Вона наведена на рисунку 3.5. З рисунка видно, що у праву частину моделі необхідно включати лагові змінні з такими значеннями: 1, 2, 3, 4.

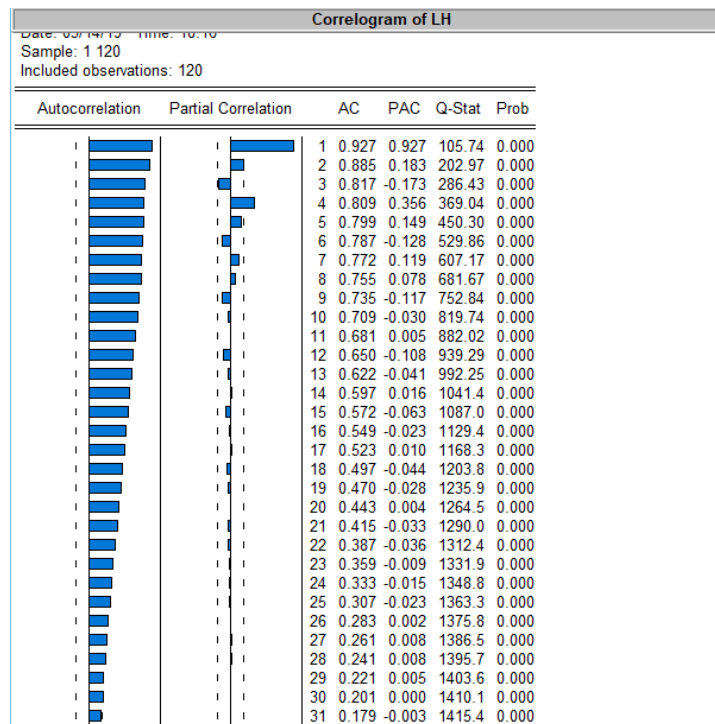


Рисунок 3.5 — Розрахунок корелограм для змінної  $h$

На основі побудованої корелограми будуємо модель GARCH.

Таблиця 3.3 — Результати побудови моделі GARCH

Dependent Variable: LH  
Method: Least Squares  
Date: 05/14/19 Time: 18:24  
Sample(adjusted): 20 120  
Included observations: 101 after adjusting endpoints  
 $LH = C(1) + C(2)*LH(-1) + C(3)*LH(-2) + C(4)*LH(-3) + C(5)*LH(-4) + C(6)*E2(-4) + C(7)*E2(-18)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.094876	0.015486	6.126664	0.0000
C(2)	1.756306	0.094499	18.58554	0.0000
C(3)	-0.940567	0.193009	-4.873186	0.0000
C(4)	0.163215	0.190126	0.858458	0.3928
C(5)	0.004839	0.086850	0.055718	0.9557
C(6)	4.40E-05	5.56E-05	0.789945	0.4315
C(7)	-8.02E-05	5.73E-05	-1.399645	0.1649

R-squared	0.999618	Mean dependent var	5.140221
Adjusted R-squared	0.999594	S.D. dependent var	0.802744
S.E. of regression	0.016181	Akaike info criterion	-5.343121
Sum squared resid	0.024613	Schwarz criterion	-5.161875
Log likelihood	276.8276	Durbin-Watson stat	1.727683

Отримані результати кращі ніж для моделі ARCH. Перевіримо якість короткострокового прогнозування дисперсії за моделлю GARCH. Результати відображені на рисунку 3.6.

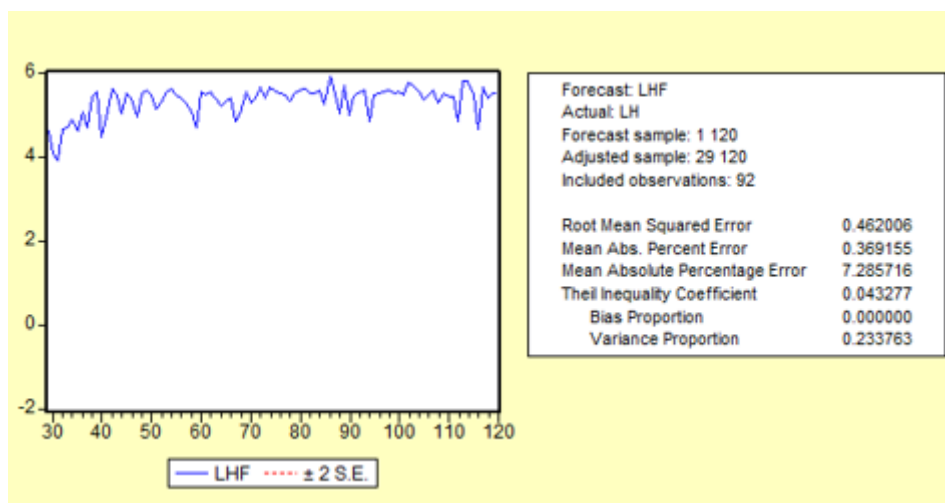


Рисунок 3.6 — Результати короткострокового прогнозування дисперсії за моделлю GARCH

Для повноти представлення класу вибраних моделей побудуємо для дисперсії модель EGARCH. Результати побудови цієї моделі подані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 — Результати побудови моделі EGARCH

Dependent Variable: LH  
Method: Least Squares  
Date: 05/14/19 Time: 18:50  
Sample(adjusted): 29 120  
Included observations: 92 after adjusting endpoints  
 $LH = C(1) + C(2)*EH(-1) + C(3)*EH(-12) + C(4)*EAH(-1) + C(5)*EAH(-3) + C(6)*EAH(-27)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	5.745625	0.097108	59.16728	0.0000
C(2)	0.573074	0.187284	3.059924	0.0030
C(3)	0.184727	0.188863	0.978105	0.3308
C(4)	-0.278241	0.268144	-1.037654	0.3023
C(5)	-0.470420	0.273029	-1.722965	0.0885
C(6)	-1.049990	0.158207	-6.636797	0.0000
R-squared	0.385711	Mean dependent var	5.315151	
Adjusted R-squared	0.349997	S.D. dependent var	0.592700	
S.E. of regression	0.477851	Akaike info criterion	1.423959	
Sum squared resid	19.63740	Schwarz criterion	1.588423	
Log likelihood	-59.50211	Durbin-Watson stat	0.675979	

Далі виконаємо перевірку цієї моделі на короткострокове прогнозування дисперсії. Результати перевірки подані на рисунку 3.7

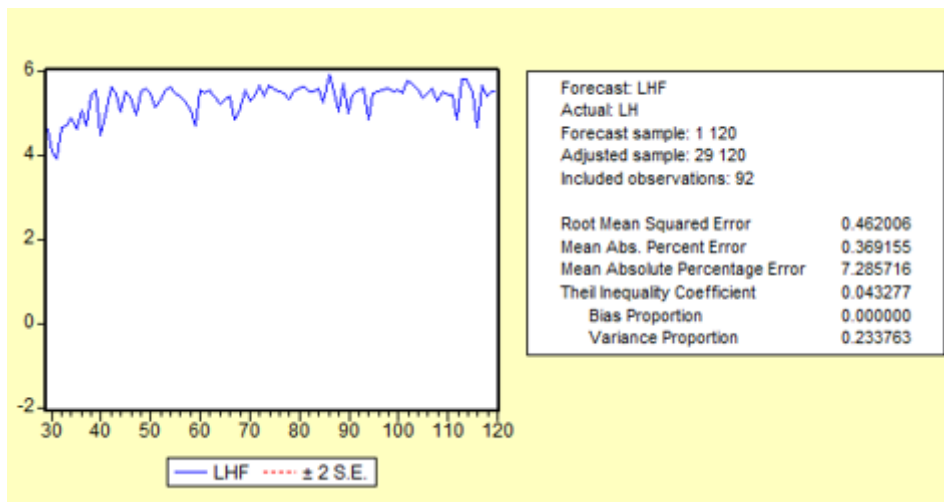


Рисунок 3.7 — Прогнозування дисперсії для моделі EGARCH з кроком 1

Таким чином прогноз за моделлю GARCH виявився кращим. САПП=17.32

## Висновки до розділу

Отже, можемо підсумувати проведене дослідження і дійти до висновку, що за статистичними критеріями асиметричні модель GARCH дає кращі результати, однак ми маємо враховувати практичну значимість побудованих моделей, тобто придатність до оцінювання насамперед ринкових ризиків. Так, можемо сказати, що усі моделі є придатними для оцінювання ризику. З огляду на результати наведені у таблицях та значення САПП модель GARCH є найбільш адекватною для поставленої задачі, оскільки вона не завищує оцінки ризикової вартості та найкраще відображає динаміку процесу, що добре помітно при візуальній інтрепритації. Звичайно, переоцінити втрати краще, ніж їх недооцінити, однак це може призвести до надмірно обережних дій інвесторів та знизити їх можливий прибуток.

## РОЗДІЛ 4 ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

### 4.1 Постановка задачі техніко-економічного аналізу

У даному розділі проводиться оцінка основних характеристик програмного продукту, призначеного для аналізу ринкового ризику за допомогою даних про ціну акцій. Програмний продукт було розроблено з використанням мови Java в середовищі IntelliJ IDEA.

В даному розділі проводиться аналіз варіантів реалізації модулю з метою вибору оптимальної, з економічної точки зору. А саме проводиться функціонально-вартісний аналіз (ФВА).

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) – це технологія, яка дозволяє оцінити реальну вартість продукту або послуги незалежно від організаційної структури компанії. Як прямі, так і побічні витрати розподіляються по продуктам та послугам у залежності від потрібних на кожному етапі виробництва обсягів ресурсів. Виконані на цих етапах дії у контексті метода ФВА називаються функціями.

Технічні вимоги до продукту наступні:

- програмний продукт повинен функціонувати на персональних комп'ютерах із стандартним набором компонент;
- забезпечувати високу швидкість обробки великих об'ємів даних у реальному часі;
- забезпечувати зручність і простоту взаємодії з користувачем або з розробником програмного забезпечення у випадку використання його як модуля;
- передбачати мінімальні витрати на впровадження програмного продукту.

#### 4.1.1 Обґрунтування функцій програмного продукту

Головна функція  $F_0$  – розробка програмного продукту, що буде математичні моделі для оцінки ризику з подальшим підрахунком якості цих оцінок та можливістю порівняння побудованих моделей. Виходячи з конкретної мети, можна виділити наступні основні функції програмного продукту:

$F_1$  – вибір мови програмування;

$F_2$  – вивід результатів;

$F_3$  – представлення вихідних даних;

Кожна з основних функцій може мати декілька варіантів реалізації.

Функція  $F_1$ :

- а) мова програмування Java;
- б) мова програмування MatLab;

Функція  $F_2$ :

- а) вивід інформації у файл;
- б) вивід інформації на екран.

Функція  $F_3$ :

- а) тільки розрахунок результату;
- б) наочна побудова моделі.

#### 4.1.2 Варіанти реалізації основних функцій

Варіанти реалізації основних функцій наведено у морфологічній карті системи (рисунок 4.1). На основі цієї карти побудовано позитивно-негативну матрицю варіантів основних функцій (таблиця 4.1)

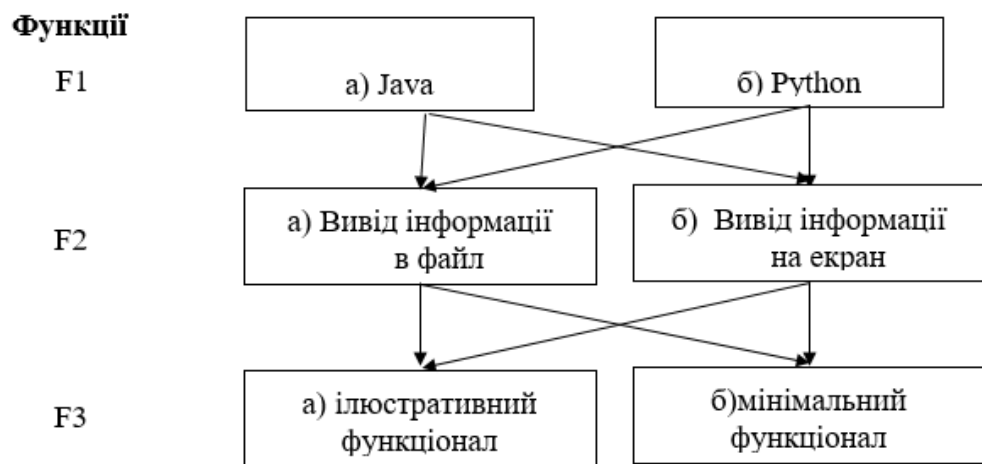


Рисунок 4.1 – Морфологічна карта.

Морфологічна карта відображає всі можливі комбінації варіантів реалізації функцій, які складають повну множину варіантів програмного продукту. В таблиці 4.1 наведено позитивно-негативну матрицю.



Таблиця 4.1 – Позитивно-негативна матриця

Основні функції	Варіанти реалізації	Переваги	Недоліки
F1	а	Підходить для програмування готового рішення, легка інтеграція з різними платформами, зручний в написанні	Більше часу на написання коду
	б	Спеціалізована мова, яка дозволяє за короткий час написати готове рішення	Підходить лише для протитпу (PoC)
F2	а	Зручно для подальшої роботи з даними	Займає пам'ять на ПК, більше коду при написанні
	б	Наочність результату, зручно для дослідницької задачі	Проблема з подальшою роботою з даними
F3	а	Візуалізація результатів	Більше часу на написання коду
	б	Швидкість написання коду	Важче проаналізувати результат роботи продукту

На основі аналізу позитивно-негативної матриці робимо висновок, що при розробці програмного продукту деякі варіанти реалізації функцій варто відкинути, тому що вони не відповідають поставленим перед програмним продуктам задачам.

Функція F1: оскільки Java кросплатформений та легкий в написанні, то варіант б) варто відкинути.

Функція F2: оскільки перед нами стоїть більш дослідницька задача, то і варіант а) і б) можна розглянути.

Функція F3: оскільки без візуалізації результатів важко зрозуміти наскільки коректно працює продукт на різних наборах даних, тому варіант а) варто відкинути.

Таким чином будемо використовувати наступні варіанти реалізації програмного продукту:

1. F1a – F2a – F3б
2. F1a – F2б – F3б

## 4.2 Обґрунтування системи параметрів програмного продукту

Є необхідною для здійснення оскільки лише виважений вибір може бути основою раціонально виконаних обчислень.

### 4.2.1 Опис параметрів

Маючи вимоги щодо основних функцій, які реалізуються в програмному продукті, визначають основні параметри виробу, які надалі використовуватимуться для розрахунку коефіцієнта технічного рівня.

Введемо наступні параметри:

- X1 – швидкодія мови програмування;
- X2 – об'єм пам'яті для збереження даних;
- X3 – час обробки даних;
- X4 – потенційний об'єм програмного коду.

X1: Відображає швидкодію операцій залежно від обраної мови програмування.

X2: Відображає об'єм пам'яті в оперативній пам'яті персонального комп'ютера, необхідний для збереження та обробки даних під час виконання програми.

X3: Відображає час, який витрачається на дії.

X4: Показує розмір програмного коду який необхідно створити безпосередньо розробнику.

#### 4.2.2 Кількісна оцінка параметрів

Будемо розглядати 3 типи варіантів значення параметрів, які наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 — Основні параметри програмного продукту

Назва Параметра	Умовні позначення	Одиниці виміру	Значення параметра		
			гірші	середні	кращі
Швидкодія мови програмування	X1	Оп/мс	5000	12000	20000
Об'єм пам'яті для збереження даних	X2	Мб	5	3	2
Час обробки запитів користувача	X3	мс	900	500	200
Потенційний об'єм програмного коду	X4	кількість строк коду	500	350	200

За даними таблиці 4.2 будуються графічні характеристики параметрів – рис. 4.2 – рис. 4.5.

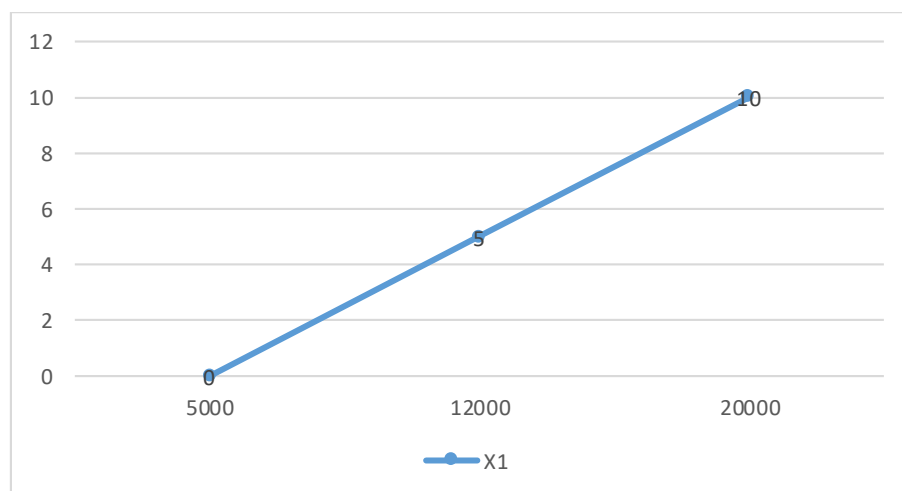


Рисунок 4.2 – X1, швидкодія мови програмування

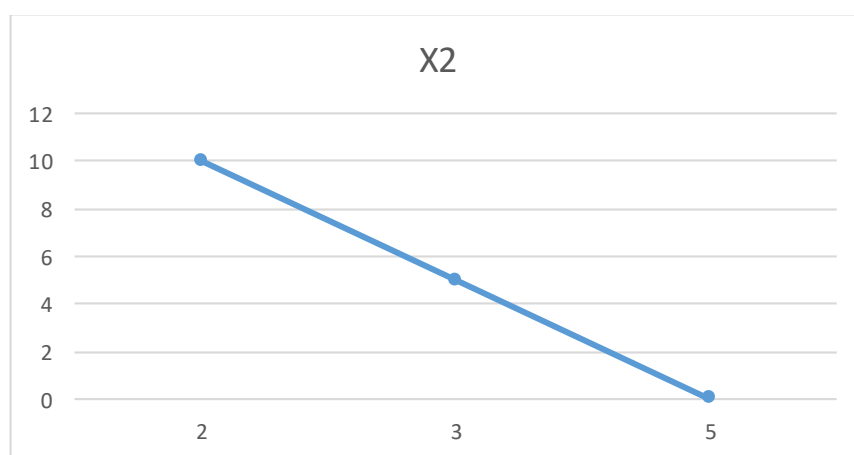


Рисунок 4.3 – X2, об'єм пам'яті для збереження даних

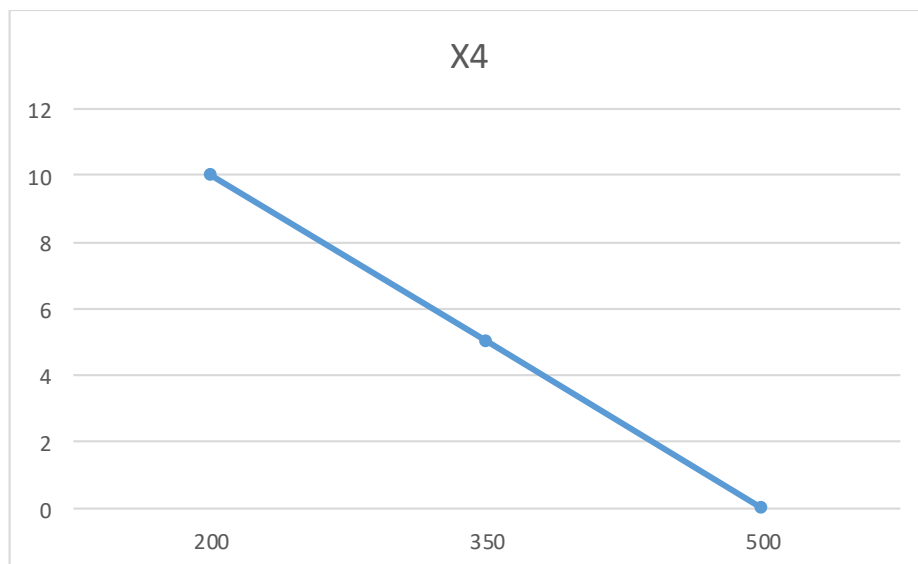


Рисунок 4.4 – X3, час обробки даних алгоритмом

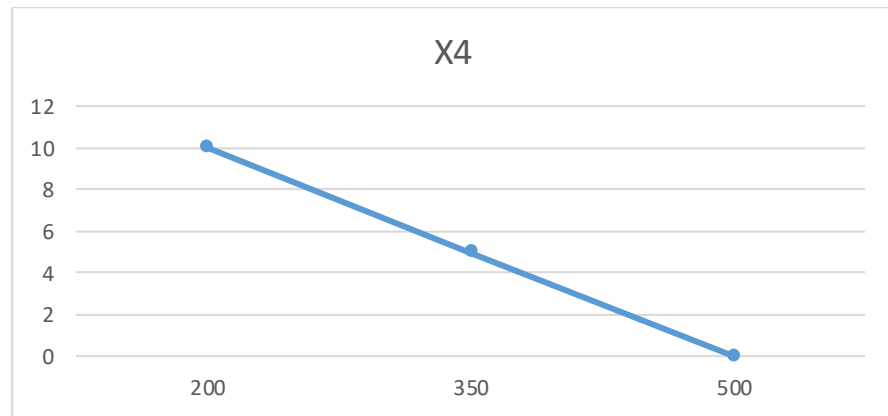


Рисунок 4.5 – X4, потенційний об'єм програмного коду

#### 4.2.3 Аналіз експертного оцінювання параметрів

Після детального обговорення й аналізу кожний експерт оцінює ступінь важливості кожного параметру для конкретно поставленої цілі – розробка програмного продукту, який дає найбільш точні результати при знаходженні параметрів моделей адаптивного прогнозування і обчислення прогнозних значень.

Значимість кожного параметра визначається методом попарного порівняння. Оцінку проводить експертна комісія із 7 людей. Визначення коефіцієнтів значимості передбачає:

- визначення рівня значимості параметра шляхом присвоєння різних рангів;
- перевірку придатності експертних оцінок для подальшого використання;
- визначення оцінки попарного пріоритету параметрів;
- обробку результатів та визначення коефіцієнту значимості.

Результати експертного ранжування наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Результати ранжування параметрів

Позн. Параметра	Назва параметра	Од. виміру	Ранг параметра за оцінкою експерта							Сума рангів $R_i$	Відхилення $\Delta_i$	$\Delta_i^2$
			1	2	3	4	5	6	7			
X1	Швидкодія мови програмування	Оп/мс	4	3	4	3	4	5	4	27	0,75	0,56
X2	Об'єм пам'яті для збереження даних	Мб	6	3	3	3	4	3	3	25	-1,25	1,56
X3	Час обробки даних алгоритмом	Мс	2	2	1	2	2	2	1	12	-14,25	203,06
X4	Потенційний об'єм програмного коду	кількість строк коду	6	6	6	5	6	6	6	41	14,75	217,56
	Разом		18	14	14	13	16	16	14	105	0	420,75

Для перевірки степені достовірності експертних оцінок, визначимо наступні параметри:

а) сума рангів кожного з параметрів і загальна сума рангів:

$$R_i = \sum_{j=1}^N r_{ij} R_{ij} = \frac{Nn(n+1)}{2} = 105,$$

де  $N$  – число експертів,  $n$  – кількість параметрів;

б) середня сума рангів:

$$T = \frac{1}{n} R_{ij} = 26,25$$

в) відхилення суми рангів кожного параметра від середньої суми рангів, яка по всіх параметрах повинна дорівнювати 0.

г) загальна сума квадратів відхилення: 420,7

Порахуємо коефіцієнт узгодженості:

$$W = \frac{12S}{N^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 420,75}{7^2(4^3 - 4)} = 1,7173 > W_k = 0,67$$

Ранжування можна вважати достовірним, тому що знайдений коефіцієнт узгодженості перевищує нормативний, котрий дорівнює 0,67.

Скориставшись результатами ранжирування, проведемо попарне порівняння всіх параметрів і результати занесемо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4-Попарне порівняння параметрів

Параметри	Експерти							Кінцева оцінка	Числове значення
	1	2	3	4	5	6	7		
X1 і X2	>	>	>	=	>	>	>	>	1,5
X1 і X3	=	=	>	<	<	>	=	=	1
X1 і X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X2 і X3	<	<	<	<	<	<	<	<	0,5
X2 і X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5
X3 і X4	>	>	>	>	>	>	>	>	1,5

Числове значення, що визначає ступінь переваги  $i$ -го параметра над  $j$ -тим,  $a_{ij}$  визначається по формулі:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1.5, & X_i > X_j \\ 1, & X_i = X_j \\ 0.5, & X_i < X_j \end{cases} \quad (4.1)$$

З отриманих числових оцінок переваги складемо матрицю  $A = \| a_{ij} \|$ .

Для кожного параметра зробимо розрахунок вагомості  $K_{vi}$  за наступними формулами:

$$K_{vi} = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}, \text{ де } b_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (4.2)$$

Відносні оцінки розраховуються декілька разів доти, поки наступні значення не будуть незначно відрізнятися від попередніх (менше 2%). Розрахунок вагомості параметрів зображений на таблиці 4.5. На другому і наступних кроках відносні оцінки розраховуються за наступними формулами:

$$K_{vi} = \frac{b'_i}{\sum_{i=1}^n b'_i}, \text{ де } b'_i = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j. \quad (4.3)$$

Як видно з таблиці, різниця значень коефіцієнтів вагомості не перевищує 2%, тому більшої кількості ітерацій не потрібно.



Таблиця 4.5- Розрахунок вагомості параметрів

Параметри	Параметри				Перший крок		Другий крок		Третій крок	
	X1	X2	X3	X4	$b_i$	$K_{bi}$	$b_i^1$	$K_{bi}^1$	$b_i^2$	$K_{bi}^2$
X1	1,0	1,5	1	1,5	5	0.3125	19	0.319	70.25	0.319
X2	0,5	1,0	0,5	1,5	3,5	0.21875	12.25	0.206	45.125	0.205
X3	1	1,5	1,0	1,5	5	0.3125	19	0.319	70.25	0.319
X4	0,5	0,5	0,5	1,0	2,5	0.15625	9.25	0.155	34.375	0.156
Всього:					1	59.5	1	220	1	1

#### 4.4 Аналіз рівня якості варіантів реалізації функцій

Визначаємо рівень якості кожного варіанту виконання основних функцій окремо.

Абсолютні значення параметрів X2 (об'єм пам'яті для збереження даних) та X1 (швидкодія мови програмування) відповідають технічним вимогам умов функціонування даного ПП.

Абсолютне значення параметра X3 (час розрахунків) обрано не найгіршим (не максимальним), тобто це значення відповідає або варіанту а) 500 мс або варіанту б) 200мс.

Коефіцієнт технічного рівня для кожного варіанта реалізації ПП розраховується за формулою:

$$K_K(j) = \sum_{i=1}^n K_{ei,j} B_{i,j}, \quad (4.4)$$

де  $n$  – кількість параметрів;

$K_{v_i}$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -го параметра;

$B_i$  – оцінка  $i$ -го параметра в балах.

Розрахунок показників рівня якості зображений на таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 Розрахунок показників рівня якості варіантів реалізації

Основні функції	Варіант реалізації функції	Абсолютне значення параметра	Бальна оцінка параметра	Коефіцієнт вагомості параметра	Коефіцієнт рівня якості
F1(X1)	А	18000	3,6	0,190	0,684
F2(X2)	Б	2,5	3,4	0,238	0,809
F3(X3,X4)	А	500	2,4	0,296	0,71
F3(X3,X4)	Б	200	1	0,296	0,296

За даними з таблиці 4.6 за формулою

$$K_K = K_{\text{ТУ}}[F_{1k}] + K_{\text{ТУ}}[F_{2k}] + \dots + K_{\text{ТУ}}[F_{zk}], \quad (4.5)$$

визначаємо рівень якості кожного з варіантів:

$$K_{K1} = 0,684 + 0,809 + 0,71 = 2,203$$

$$K_{K2} = 0,684 + 0,809 + 0,296 = 1,789$$

Як видно з розрахунків, кращим є перший варіант, для якого коефіцієнт технічного рівня має найбільше значення.

#### 4.4 Економічний аналіз варіантів розробки ПП

Для визначення вартості розробки ПП спочатку проведемо розрахунок трудомісткості.

Всі варіанти включають в себе два окремих завдання:

1. Розробка проекту програмного продукту;
2. Розробка програмної оболонки;

Завдання 1 за ступенем новизни відноситься до групи А, завдання 2 – до групи Б. За складністю алгоритми, які використовуються в завданні 1 належать до групи 1; а в завданні 2 – до групи 3.

Для реалізації завдання 1 використовується довідкова інформація, а завдання 2 використовує інформацію у вигляді даних.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань.

Проведемо розрахунок норм часу на розробку та програмування для кожного з завдань. Загальна трудомісткість обчислюється як

$$T_o = T_p \cdot K_p \cdot K_{ск} \cdot K_M \cdot K_{ст} \cdot K_{ст.м}, \quad (4.10)$$

де  $T_p$  – трудомісткість розробки ПП;  $K_p$  – поправочний коефіцієнт;  $K_{ск}$  – коефіцієнт на складність вхідної інформації;  $K_M$  – коефіцієнт рівня мови програмування;  $K_{ст}$  – коефіцієнт використання стандартних модулів і прикладних програм;  $K_{ст.м}$  – коефіцієнт стандартного математичного забезпечення

Для першого завдання, виходячи із норм часу для завдань розрахункового характеру степеню новизни А та групи складності алгоритму 1, трудомісткість дорівнює:  $T_p = 90$  людино-днів. Поправочний коефіцієнт, який враховує вид нормативно-довідкової інформації для першого завдання:  $K_p = 1.7$ . Поправочний коефіцієнт, який враховує складність контролю вхідної

та вихідної інформації для всіх семи завдань рівний 1:  $K_{СК} = 1$ . Оскільки при розробці першого завдання використовуються стандартні модулі, врахуємо це за допомогою коефіцієнта  $K_{СТ} = 0.7$ . Тоді, за формулою 4.10, загальна трудомісткість програмування першого завдання дорівнює:

$$T_1 = 90 \cdot 1.7 \cdot 0.7 = 107.1 \text{ людино-днів.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для подальших завдань.

Для другого завдання (використовується алгоритм третьої групи складності, степінь новизни Б), тобто  $T_P = 27$  людино-днів,  $K_{П} = 0.9$ ,  $K_{СК} = 1$ ,  $K_{СТ} = 0.7$ :

$$T_2 = 27 \cdot 0.9 \cdot 0.7 = 17.01 \text{ людино-днів.}$$

Складаємо трудомісткість відповідних завдань для кожного з обраних варіантів реалізації програми, щоб отримати їх трудомісткість:

$$T_I = (107.1 + 17.01 + 4.8 + 17.01) \cdot 8 = 1167,36 \text{ людино-годин;}$$

$$T_{II} = (107.1 + 17.01 + 6.91 + 17.01) \cdot 8 = 1184.24 \text{ людино-годин;}$$

Найбільш високу трудомісткість має варіант II.

В розробці беруть участь один програміст з окладом 10000 грн., один аналітик даних з окладом 8000 грн. Визначимо зарплату за годину

$$C_{ч} = \frac{10000 + 8000}{3 \cdot 21 \cdot 8} = 35,72 \text{ грн.}$$

Тоді перерахуємо заробітню плату.  $C_{ч}$  – величина погодинної оплати праці програміста;  $T_i$  – трудомісткість відповідного завдання;  $K_d$  – норматив, який враховує додаткову заробітну плату.

Зарплата розробників за варіантами становить:

$$I. \quad C_{ЗП} = 35,72 \cdot 1167,36 \cdot 1.4 = 58377,34 \text{ грн.}$$

$$II. \quad C_{ЗП} = 35,72 \cdot 1184.24 \cdot 1.4 = 59221,47 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок становить (2 клас напруги) 22%:

$$\text{I. } C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 58377,34 \cdot 0.22 = 12843,01 \text{ грн.}$$

$$\text{II. } C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 69221,47 \cdot 0.22 = 13028,73 \text{ грн.}$$

Тепер визначимо витрати на оплату однієї машино-години. ( $C_M$ )

Так як одна ЕОМ обслуговує одного програміста з окладом 10000 грн., з коефіцієнтом зайнятості 0,2 то для однієї машини отримаємо:

$$C_G = 12 \cdot M \cdot K_3 = 12 \cdot 10000 \cdot 0,2 = 24000 \text{ грн.}$$

З урахуванням додаткової заробітної плати:

$$C_{\text{ЗП}} = C_G \cdot (1 + K_3) = 24000 \cdot (1 + 0.2) = 28800 \text{ грн.}$$

Відрахування на єдиний соціальний внесок:

$$C_{\text{ВІД}} = C_{\text{ЗП}} \cdot 0.22 = 28800 \cdot 0,22 = 6336 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо при амортизації 25% та вартості ЕОМ – 25000 грн.

$$C_A = K_{\text{ТМ}} \cdot K_A \cdot C_{\text{ПР}} = 1.1 \cdot 0.25 \cdot 25000 = 6875 \text{ грн.,}$$

де  $K_{\text{ТМ}}$  – коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування та монтаж приладу у користувача;  $K_A$  – річна норма амортизації;  $C_{\text{ПР}}$  – договірна ціна приладу;  $K_P$  – відсоток витрат на поточні ремонти.

Витрати на ремонт та профілактику розраховуємо як:

$$C_P = K_{\text{ТМ}} \cdot C_{\text{ПР}} \cdot K_P = 1.1 \cdot 25000 \cdot 0.05 = 1375 \text{ грн.,}$$

Ефективний годинний фонд часу ПК за рік розраховуємо за формулою:

$$T_{\text{ЕФ}} = (D_K - D_B - D_C - D_P) \cdot t_3 \cdot K_B = (365 - 104 - 8 - 16) \cdot 8 \cdot 0.8 = 1516.8$$

годин,

Тут  $D_k$  – календарна кількість днів у році;  $D_v$ ,  $D_c$  – відповідно кількість вихідних та святкових днів;  $D_p$  – кількість днів планових ремонтів устаткування;  $t$  – кількість робочих годин в день;  $K_v$  – коефіцієнт використання приладу у часі протягом зміни.

Витрати на оплату електроенергії розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{ЕЛ}} = T_{\text{ЕФ}} \cdot N_c \cdot K_3 \cdot C_{\text{ЕН}} = 1516,8 \cdot 0,2 \cdot 0,8 \cdot 2,7515 = 667,756 \text{ грн.},$$

Розкриємо зміст позначень:  $N_c$  – середньо-споживча потужність приладу;  $K_3$  – коефіцієнтом зайнятості приладу;  $C_{\text{ЕН}}$  – тариф за 1 кВт-годин електроенергії.

Накладні витрати розраховуємо за формулою:

$$C_H = C_{\text{ПР}} \cdot 0,67 = 25000 \cdot 0,67 = 16750 \text{ грн.}$$

Тоді, річні експлуатаційні витрати будуть:

$$C_{\text{ЕКС}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_A + C_P + C_{\text{ЕЛ}} + C_H$$

$$C_{\text{ЕКС}} = 28800 + 6336 + 6875 + 1375 + 667,756 + 16750 = 60803,756 \text{ грн.}$$

Собівартість однієї машино-години ЕОМ дорівнюватиме:

$$C_{\text{М-Г}} = C_{\text{ЕКС}} / T_{\text{ЕФ}} = 60803,756 / 1516,8 = 40,0868 \text{ грн/час.}$$

Оскільки в даному випадку всі роботи, які пов'язані з розробкою програмного продукту ведуться на ЕОМ, витрати на оплату машинного часу, в залежності від обраного варіанта реалізації, складає:

$$C_M = C_{\text{М-Г}} \cdot T$$

$$\text{I. } C_M = 40,0868 \cdot 1167,36 = 46795,73 \text{ грн.};$$

$$\text{II. } C_M = 40,0868 \cdot 1184,24 = 47472,39 \text{ грн.};$$

Накладні витрати складають 67% від заробітної плати:

$$C_H = C_{\text{ЗП}} \cdot 0,67$$

$$\text{I. } C_H = 58377,34 \cdot 0,67 = 39112,82 \text{ грн.};$$

$$\text{II. } C_H = 59221,47 \cdot 0,67 = 39678,38 \text{ грн.};$$

Отже, вартість розробки ПП за варіантами становить:

$$C_{\text{ПП}} = C_{\text{ЗП}} + C_{\text{ВІД}} + C_M + C_H$$

$$\text{I. } C_{\text{ПП}} = 58377,34 + 12843,01 + 46795,73 + 39112,82 = 157128,9 \text{ грн.};$$

$$\text{II. } C_{\text{ПП}} = 59221,47 + 13028,73 + 47472,39 + 39678,38 = 159400,97 \text{ грн.};$$

#### 4.5 Вибір кращого варіанта ПП техніко-економічного рівня

Розрахуємо коефіцієнт техніко-економічного рівня за формулою:

$$K_{\text{ТЕР}j} = K_{\text{К}j} / C_{\Phi j},$$

$$K_{\text{ТЕР}1} = 2,203 / 157128,9 = 0,14 \cdot 10^{-4};$$

$$K_{\text{ТЕР}2} = 1,789 / 159400,97 = 0,12 \cdot 10^{-4};$$

Як бачимо, найбільш ефективним є перший варіант реалізації програми з коефіцієнтом техніко-економічного рівня  $K_{\text{ТЕР}1} = 0,14 \cdot 10^{-4}$ .

## Висновки до розділу

В даному розділі проведено повний функціонально-вартісний аналіз ПП, який було розроблено в рамках дипломного проекту. Процес аналізу можна умовно розділити на дві частини.

В першій з них проведено дослідження ПП з технічної точки зору: було визначено основні функції ПП та сформовано множину варіантів їх реалізації; на основі обчислених значень параметрів, а також експертних оцінок їх важливості було обчислено коефіцієнт технічного рівня, який і дав змогу визначити оптимальну з технічної точки зору альтернативу реалізації функцій ПП.

Другу частину ФВА присвячено вибору із альтернативних варіантів реалізації найбільш економічно обґрунтованого. Порівняння запропонованих варіантів реалізації в рамках даної частини виконувалось за коефіцієнтом ефективності, для обчислення якого були обчислені такі допоміжні параметри, як трудомісткість, витрати на заробітну плату, накладні витрати.

Після виконання функціонально-вартісного аналізу програмного комплексу що розроблюється, можна зробити висновок, що з альтернатив, що залишились після першого відбору двох варіантів виконання програмного комплексу оптимальним є перший варіант реалізації програмного продукту. У нього виявився найкращий показник техніко-економічного рівня якості  $KTEP = 0,14 \cdot 10^{-4}$ .

Цей варіант реалізації програмного продукту має такі параметри:

мова програмування – Java;

вивід результатів в файл;

візуалізація результатів.

Даний варіант виконання програмного комплексу дає користувачу достатній функціонал і забезпечує необхідною швидкістю.



## ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто загальну методологію моделювання та прогнозування нестаціонарних гетероскедастичних фінансово-економічних процесів з використанням статистичних даних та оцінювання ризикові вартості з їх допомогою. Виконано огляд сучасних методів оцінювання ринкових ризиків, моделювання і прогнозування нестаціонарних процесів.

Розглянуто та використано для аналізу отриманих результатів – основні критерії якості для оцінювання адекватності моделей опису процесів та якості оцінок прогнозів. Критеріями для оцінювання якості побудованих моделей були логарифмічна функція правдоподібності та інформаційні критерії Акайке та Байєса; САПП, СКП і коефіцієнт Тейла для аналізу якості прогнозу. Для методу оцінювання параметрів моделі вибраний метод найменших квадратів, як найбільш широко вживаний та апробований на практиці.

Створена програма, яка призначена для моделювання та прогнозування економічних процесів на основі емпіричної вибірки даних. Алгоритм реалізовано на мові програмування Java. Дана програма в своїй основі може використовувати авторегресійні умовно гетероскедастичні процеси, серед яких розглянуто моделі ARCH, GARCH, EGARCH. На основі прогнозів волатильності за даними моделями оцінюється показник VaR як узагальнена міра ризику.

Для подальших досліджень рекомендовано до розробленої системи додати реалізації інші методи інтелектуального аналізу даних, такі як нейронні мережі, теорія копул, нечітку логіку та інші. Застосувати теорію портфелів та оцінку ризику для них. Застосувати методи стрес-тестування для шоків випадків, а також використати різні розподіли випадкових величин для врахування не тільки ефекту «тяжких хвостів», а й інших характеристик розподілів доходностей.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кирюшкин В., Ларионов И. Основы риск-менеджмента. Москва: Анкил, 2009. 132 с.
2. Балабанов И. Риск-менеджмент. Москва: Финансы и статистика, 1996. 192 с.
3. Методичні вказівки з інспектування банків «Система оцінки ризиків»  
URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0104500-04>
4. Методичні рекомендації щодо організації та функціонування систем ризик-менеджменту в банках України URL:  
<http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v0361500-04>
5. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks URL:  
<http://www.bis.org>
6. Киселев В. Управление банковским капиталом: теория и практика. Москва: Экономика, 1997. 192 с.
7. Ульянова М. Управление рыночным риском. *Молодой ученый*, 2014. №21.2. - С. 99-102.
8. Лобанов А., Чугунов А. Энциклопедия финансового риск-менеджмента. Москва: Альпина Паблишер, 2003. 786 с.
9. Кишакевич Б.Ю. Оцінювання економічного капіталу банку для валютних ризиків на основі VaR технологій. *Економічний простір*, 2015. № 102. С. 113-123.
10. McNeil A.J., Alexander J. McNeil, Rudiger Frey, Paul Embrechts  
Quantitative risk management: concepts, techniques, and tools. London: T&T Pfo productions Ltd., 2005. 554 p.
11. Jorion Ph. *Financial risk-management: Second edition*. Hobokon, New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2003. 708 p.

12. Бідюк П. І., Коновалюк М. М. Визначення величини ризику VaR на основі оцінок параметрів моделі стохастичної волатильності. *Системні дослідження та інформаційні технології*, 2012. № 3. С. 1092—1099.
13. Acerbi C., Tasche D. On the coherence of expected shortfall. *Journal of Banking & Finance*, 2002. № 26(7). Р. 1487—1503. URL : <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0104295v2>.
14. Швець Н. Р., Юшкалюк А. А. VaR як основний метод розрахунку величини інтегрального фінансового ризику банківських установ. *Економіка і суспільство*. 2017. № 9. С. 85—94.
15. Білань Н. С. Оцінювання ризику валютної позиції банку за методом Монте-Карло. *Вісник ЖДТУ*. 2016. № 1(51). С. 101—104.
16. Poon S. H. A practical guide for forecasting financial market volatility. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2005. 238 p.
17. Christoffersen P. Elements of Financial Risk Management. Academic Press, 2012. 344 p.
18. Giraitis L., Remigijus L., Donatas S. Recent advances in ARCH modelling. *Econometric Theory*, 2013. № 17. 608-631 p.
19. Bollerslev T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 1986. № 31. Р. 307—327.
20. Бідюк П. І., Кожухівська О. А. Моделювання і короткострокове прогнозування гетероскедастичних процесів. *Індуктивне моделювання складних систем*, 2012. № 4. С. 48—63.
21. Xekalaki E., Stavros D. ARCH Models for Financial Applications. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2010. 550 p.
22. Примостка Л., Чуб П., Карчева Т. Управління банківськими ризиками. Київ: КНЕУ, 2007. 600 с.
23. Yahoo Finance URL: <https://finance.yahoo.com/?guccounter=1>

24. Бідюк П.І. Моделювання і прогнозування гетероскедастичних процесів. *Системні дослідження та інформаційні технології*, 2004. № 1. С.115—134.
25. Чуприна О.Є. Моделювання волатильності фінансових інструментів для оцінювання ринкових ризиків. *Актуальні наукові дослідження в сучасному світі*, 2016. № 7(15). С. 51 — 57.
26. Прогнозування на основі часових рядів. URL: [http://docplayer.net/73004557-7-1-prognozuvannya-na-osnovi-chasovih-ryadiv.html#show\\_full\\_text](http://docplayer.net/73004557-7-1-prognozuvannya-na-osnovi-chasovih-ryadiv.html#show_full_text)
27. Рентабельність виробництва і методика визначення її показників. URL: <http://buklib.net/books/29473> (дата звернення: 04.02.2018).
28. Прогнозування ефективності інвестиційного проекту. URL: [http://pidruchniki.com/1566072162240/turizm/prognozuvannya\\_efektivnosti\\_investitsiynogo\\_proektu](http://pidruchniki.com/1566072162240/turizm/prognozuvannya_efektivnosti_investitsiynogo_proektu) (дата звернення: 12.02.2018).
29. Розробка та перевірка концепції товару. URL: <http://westudents.com.ua/glavy/35910-3-rozrobka-ta-perevrka-kontsepts-tovaru.html> (дата звернення: 04.02.2018).
30. Концепції маркетингової діяльності. URL: <http://referat-ok.com.ua/marketing/marketingova-diyalnist-2> (дата звернення: 01.03.2018).

## ДОДАТОК А Лістинг програми

```

import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Collections;

public class Arks {

    public static void main(String args[]) throws IOException{

        int p= 2;
        int q= 4;
        double a0=0.05;
        double a1=0.45;
        double a2=0.09;
        double a3=-0.38;
        double b0=1.0;
        double b1=0.6;
        double b2=0.4;
        double b3=0;
        Double alpha=1.0;

        ArrayList<Integer> lags = new ArrayList<>();
        Collections.addAll(lags,1,3,1,9,12,14);
        int k = Collections.max(lags);

        ArrayList<Double> v = readFromFileToArrayList("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplm_literatura\\E\\newToTestProgram.txt");
        //System.out.println(v);
        //Here we form y values if we do not have them
        ArrayList<Double> y = readFromFileToArrayList("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplm_literatura\\E\\newToTestProgram.txt");
        //Form y(p,q,a0,a1,a2,a3,b0,b1,b2,b3,v);
        //System.out.println(y);

        ArrayList<Double> omega= new ArrayList<>();
        for(int i=0;i<1+p+q;i++){
            omega.add(0.0);
        }

        ArrayList<ArrayList<Double>> pmatrix = new ArrayList<>();
        for(int i1=0;i1<1+p+q;i1++){

            pmatrix.add(new ArrayList<>());

        }
        for(int i1=0;i1<1+p+q;i1++){

            for(int i2=0;i2<1+p+q;i2++){

                pmatrix.get(i1).add(0.0);

            }

        }
        for(int i1=0;i1<1+p+q;i1++){

            for(int i2=0;i2<1+p+q;i2++){

                if(i1==i2)

                    pmatrix.get(i1).set(i2,100.0);

            }

        }
        //System.out.println("k="+k);
        //System.out.println("omega="+omega);
        //System.out.println("gamma="+gamma);
        //System.out.println("P="+pmatrix);

        while (k<y.size()){

            ArrayList<Double> psi = new ArrayList<>();

            psi.add(1.0);

            for(int i=0;i<p;i++){
                psi.add(y.get(k-lags.get(i)));
            }

            for(int i=p;i<p+q;i++){
                psi.add(v.get(k-lags.get(i)));
            }

            Double psiArray[][] = new Double[psi.size()][1];
            Double psiTArray[][] = new Double[1][psi.size()];
            Double pArray[] = new Double[pmatrix.size()][pmatrix.get(0).size()];
            for(int i=0;i<psi.size();i++){
                psiArray[i][0]=psi.get(i);
            }
            for(int i=0;i<psi.size();i++){
                psiTArray[0][i]=psi.get(i);
            }
            for(int i=0;i<pArray.length;i++){
                for(int j=0;j<pArray[0].length;j++){

                    pArray[i][j]=pmatrix.get(i).get(j);

                }
            }
            //P(k-1)*psi(k)*psiT(k)*P(k-1)
            Double upperPart[][] = multiplyMatrix(multiplyMatrix(multiplyMatrix(pArray,psiArray),psiTArray),pArray);
            //psiT(k)*P(k-1)*psi(k)
            Double lowerPartSecond[][] = multiplyMatrix(multiplyMatrix(psiTArray,pArray),psiArray);
            //alpha+psiT(k)*P(k-1)*psi(k)
            Double lowerPartWhole = alpha+lowerPartSecond[0][0];
            //upperPart=P(k-1)*psi(k)*psiT(k)*P(k-1)/(alpha+psiT(k)*P(k-1)*psi(k))
            for(int i=0;i<upperPart.length;i++){
                for(int j=0;j<upperPart[0].length;j++){
                    Double value = upperPart[i][j]/lowerPartWhole;
                    upperPart[i][j] = value;
                }
            }
            //P(k-1)-(P(k-1)*psi(k)*psiT(k)*P(k-1)/(alpha+psiT(k)*P(k-1)*psi(k)))
            for(int i=0;i<pArray.length;i++){
                for(int j=0;j<pArray[0].length;j++){

```

```

        Double d = pArray[i][j]-upperPart[i][j];
        pArray[i][j]=d;
    }
}
//Write recalculated p to pmatrix
ArrayList<ArrayList<Double>> pNewKeeper = new ArrayList<>();
for(int i=0;i<pArray.length;i++){
    ArrayList<Double> list = new ArrayList<>();
    for(int j=0;j<pArray[0].length;j++){
        list.add(pArray[i][j]);
    }
    pNewKeeper.add(list);
}
pmatrix=pNewKeeper;

Double omegaTArray[][] = new Double[1][omega.size()];
for(int i=0;i<omega.size();i++){
    omegaTArray[0][i]=omega.get(i);
}
Double omegaArray[][] = new Double[omega.size()][1];
for(int i=0;i<omega.size();i++){
    omegaArray[i][0]=omega.get(i);
}
Double omegaTArraypsiArray[][] = multiplyMatrix(omegaTArray, psiArray);
Double valueInBrackets = y.get(k)-omegaTArraypsiArray[0][0];
//P(k)*psi
Double PpsiArray[][] = multiplyMatrix(pArray, psiArray);
///P(k)*psi*valueInBrackets
for(int i=0;i<PpsiArray.length;i++){
    for(int j=0;j<PpsiArray[0].length;j++){
        Double value = PpsiArray[i][j]*valueInBrackets;
        PpsiArray[i][j] = value;
    }
}

ArrayList<Double> omegaNew = new ArrayList<>();
for(int i=0;i<omegaArray.length;i++){
    for(int j=0;j<omegaArray[0].length;j++){
        Double d = omegaArray[i][j]+PpsiArray[i][j];
        omegaNew.add(d);
    }
}
omega=omegaNew;

//printArray(pArray);
//System.out.println(omega);

//System.out.println(y);
//System.out.println(v);
//System.out.println(psi);

    k++;
}
System.out.println(omega);

//Finding e^2 vector
ArrayList<Double> e2 = new ArrayList<>();
for(int i=0;i<e.size();i++){
    Double e2container = e.get(i)*e.get(i);
    e2.add(e2container);
}

//Finding SSE
Double SSE = 0.0;
for(int i=0;i<e2.size();i++){
    SSE+=e2.get(i);
}

//Finding y mean value
Double yMeanValue=0.0;
Double yMeanPreSum = 0.0;
for(int i=0;i<y.size();i++){
    yMeanPreSum+=y.get(i);
}
yMeanValue=yMeanPreSum/y.size();

//Finding SST
Double SST = 0.0;
for(int i=0;i<y.size();i++){
    Double container = (y.get(i)-yMeanValue)*(y.get(i)-yMeanValue);
    SST+=container;
}

Double R2 = 1-(SSE/SST);
System.out.println(R2);

//We calculate DW
Double ro = 0.0;
Double DW = 0.0;
Double DWChislitel = 0.0;
for(int i=1;i<e.size();i++){
    Double container = (e.get(i)-e.get(i-1))*(e.get(i)-e.get(i-1));
    DWChislitel+=container;
}
ro=DWChislitel/SSE;
DW = 2-2*ro;
System.out.println(DW);
while (valuep<=p) {
    psi.add(y.get(k-valuep));
    valuep++;
}
while (valueq<=q) {
    psi.add(v.get(k-valueq));

```

```

        valueq++;
    }
    Double omegaArray[][] = new Double[1][omega.size()];

    for (int i=0; i<omega.size(); i++) {
        omegaArray[0][i] = omega.get(i);
    }

    //printArray(omegaArray);

    Double psiArray[][] = new Double[psi.size()][1];
    Double psiTArray[][] = new Double[1][psi.size()];
    for (int i=0; i<psi.size(); i++) {
        psiArray[i][0] = psi.get(i);
    }
    for (int i=0; i<psi.size(); i++) {
        psiTArray[0][i] = psi.get(i);
    }
    //System.out.println(psi);
    //printArray(psiArray);

    Double omegaTonPsi[][] = multiplyMatrix(omegaArray, psiArray);
    Double e = y.get(k) - omegaTonPsi[0][0];

    ArrayList<Double> gammaproduct = new ArrayList<>();

    for (int i=0; i<gamma.size(); i++) {
        gammaproduct.add(gamma.get(i) * e);
    }
    ArrayList<Double> omegaFinal = new ArrayList<>();
    for (int i=0; i<gammaproduct.size(); i++) {
        omegaFinal.add(gammaproduct.get(i) + omega.get(i));
    }
    omega = omegaFinal;

    Double pArray[][] = new Double[pmatrix.size()][pmatrix.get(0).size()];

    for (int i=0; i<pArray.length; i++) {
        for (int j=0; j<pArray[0].length; j++) {

            pArray[i][j] = pmatrix.get(i).get(j);

        }
    }

    //P(k-1) * psi(k)
    Double upperPartGamma[][] = multiplyMatrix(pArray, psiArray);
    //psiT(k) * P(k-1) * psi(k)
    Double psiTPpsi[][] = multiplyMatrix(multiplyMatrix(psiTArray, pArray), psiArray);
    //alpha + psiT(k) * P(k-1) * psi(k)
    Double alphapsiTpsi = alpha + psiTPpsi[0][0];
    //P(k-1) * psi(k) / alpha + psiT(k) * P(k-1) * psi(k)
    ArrayList<Double> gammaNew = new ArrayList<>();
    for (int i=0; i<upperPartGamma.length; i++) {
        for (int j=0; j<upperPartGamma[0].length; j++) {
            Double d = upperPartGamma[i][j] / alphapsiTpsi;
            gammaNew.add(d);
            upperPartGamma[i][j] = d;
        }
    }
    gamma = gammaNew;

    //P(k-1) * psi(k) * psiT(k) * P(k-1) / alpha + psiT(k) * P(k-1) * psi(k)
    Double upperPartGammapsiTP[] = multiplyMatrix(multiplyMatrix(upperPartGamma, psiTArray), pArray);

    for (int i=0; i<pArray.length; i++) {
        for (int j=0; j<pArray[0].length; j++) {

            Double d = pArray[i][j] - upperPartGammapsiTP[i][j];
            pArray[i][j] = d;

        }
    }
    ArrayList<ArrayList<Double>> pNewKeeper = new ArrayList<>();
    for (int i=0; i<pArray.length; i++) {
        ArrayList<Double> list = new ArrayList<>();
        for (int j=0; j<pArray[0].length; j++) {

            list.add(pArray[i][j]);

        }
        pNewKeeper.add(list);
    }
    pmatrix = pNewKeeper;

    //printArray(pArray);
    //System.out.println(omega);

    //System.out.println(y);
    //System.out.println(v);
    //System.out.println(psi);

    k++;
}
System.out.println(omega); */

}

public static void printArray(Double[][] array) {
    //System.out.println(array.length);
    for (int i=0; i<array.length; i++) {
        for (int j=0; j<array[0].length; j++) {
            System.out.print(array[i][j] + " ");
        }
        System.out.println();
    }
}

public static Double[][] multiplyMatrix(Double first[][], Double second[][]) {
    int m = first.length;
    int n = first[0].length;
    int p = second.length;
    int q = second[0].length;
    Double multiply[][] = new Double[m][q];

```

```

ArrayList<ArrayList<Double>> result = new ArrayList<>();

if (n != p)
    System.out.println("The matrices can't be multiplied with each other.");
else
{
    int c,d,k;
    Double sum=0.0;

    for (c = 0; c < m; c++)
    {
        for (d = 0; d < q; d++)
        {
            for (k = 0; k < p; k++)
            {
                sum = sum + first[c][k]*second[k][d];
            }

            multiply[c][d] = sum;
            sum = 0.0;
        }
    }

    //System.out.println("Product of the matrices:");

    //printArray(multiply);
    /*
    for (c = 0; c < m; c++)
    {
        for (d = 0; d < q; d++)
            System.out.print(multiply[c][d]+" ");

        System.out.print("\n");
    }
    */
    for(int i=0;i<multiply.length;i++){
        ArrayList<Double> list = new ArrayList<>();
        for(int j=0;j<multiply[0].length;j++){
            list.add(multiply[i][j]);
        }
        result.add(list);
    }
    return multiply;
}

public static ArrayList<Double> readFromFileToArrayList(String FileName) throws IOException {
    ArrayList<Double> container = new ArrayList<>();

    File file = new File(FileName);

    BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(file));

    String st;
    while ((st = br.readLine()) != null) {
        container.add(Double.parseDouble(st));
        //System.out.println(st);
        //System.out.println("eeeeeeeeeeeeee");
    }
    return container;
}

public static ArrayList<Double> formY(int p,int q,double a0,double a1,double a2,double a3,double b0,double b1,double b2,double b3,ArrayList<Double> v){
    ArrayList<Double> y = new ArrayList<>();

    for(int i=0;i<p;i++){
        y.add(v.get(i));
    }

    for(int k=p;k<v.size();k++){
        y.add(a0+a1*y.get(k-1)+a2*y.get(k-2)+a3*y.get(k-3)+b1*v.get(k-1)+b2*v.get(k-2)+b3*v.get(k-3));
    }

    return y;
}

import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;

public class HCounter {

    public static void main(String args[]) throws IOException {

        ArrayList<Double> ya = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> h = new ArrayList<>();
        double range =120;//number of values in ya file
        //ArrayList<Double> ys = new ArrayList<>();

        File file = new File("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplom_literatura\\ActionsFacebook\\Modified.txt");

        BufferedReader br = new BufferedReader(new FileReader(file));

        String st;
        while ((st = br.readLine()) != null) {
            ya.add(Double.parseDouble(st));
            //System.out.println(st);
            //System.out.println("eeeeeeeeeeeeee");
        }
        /*
        for(int i=0;i<ya.size();i++){
            System.out.println(ya.get(i));
        }
        */
        //Because we can not define first value in h(k) wet set it equal to null
        h.add(1.5);//1.5 is because we need sum value instead word null

        for(int k=2;k<=range;k++){

```



```

        double sumj=0;
        double ys=0;
        for(int j=0;j<k;j++){
            sumj+=ya.get(j);
        }
        ys=sumj/k;
        //System.out.println(ys);

        double subtractionResult=0;
        double sumi = 0;
        for(int i=0;i<k;i++){
            double keeper =0;
            keeper =(ya.get(i)-ys)*(ya.get(i)-ys);
            sumi+=keeper;
        }
        h.add(sumi/(k-1));
    }
    System.out.println("Vector h");
    for(int i=0;i<h.size();i++){
        System.out.println(h.get(i));
    }
    //System.out.println(h.size());
}

}

import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;

public class SigmaCalculate {

    public static void main(String args[]) throws IOException {

        double alpha=1.2;
        ArrayList<Double> sigma = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> var_k = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> prise_for_days = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> e2 = new ArrayList<>();
        e2.add(null);
        ArrayList<Double> h = new ArrayList<>();
        File file_e2 = new File("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplom_literatura\\Apple_e2.txt");

        BufferedReader br_e2 = new BufferedReader(new FileReader(file_e2));
        String st_e2;
        while ((st_e2 = br_e2.readLine()) != null) {
            e2.add(Double.parseDouble(st_e2));
        }

        File file_h = new File("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplom_literatura\\Apple_h.txt");

        BufferedReader br_h = new BufferedReader(new FileReader(file_h));
        String st_h;
        while ((st_h = br_h.readLine()) != null) {
            h.add(Double.parseDouble(st_h));
        }
        //System.out.println(h); First value is null and it is alright
        //System.out.println(e2);

        for(int k=61;k<91;k++){
            sigma.add(5.48+0.989*h.get(k-1-1)+0.006*e2.get(k-4-1)-0.028*e2.get(k-18-1));
        }
        /**
        System.out.println("Vector sigma");
        for(int i=0;i<sigma.size();i++){
            System.out.println(sigma.get(i));
        }
        */

        File file_prise_for_days = new File("C:\\Users\\sgrigor\\Desktop\\Diplom_literatura\\Apple_prise_for_days.txt");

        BufferedReader br_prise_for_days = new BufferedReader(new FileReader(file_prise_for_days));
        String st_prise_for_days;
        while ((st_prise_for_days = br_prise_for_days.readLine()) != null) {
            prise_for_days.add(Double.parseDouble(st_prise_for_days));
        }
        for(int i=0;i<sigma.size();i++){
            {
                var_k.add(alpha*sigma.get(i)*prise_for_days.get(i));
            }
        }
        System.out.println();
        System.out.println("Rezervniy kapital Var(k)");
        for(int i=0;i<var_k.size();i++){
            System.out.println(var_k.get(i));
        }
    }

}
}

```

## ДОДАТОК Б Ілюстративні матеріали для доповіді

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ  
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Тема роботи:

### СИСТЕМА ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИНКОВОГО РИЗИКУ

ВИКОНАВ:  
СТУДЕНТ ГРУПИ КА-55  
АЛЕКСЮК НІКІТА

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:  
ДОЦ. ЖИРОВ О.Л.

Київ  
2019

## СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

- **Об'єкт** дослідження – нестационарні фінансово-економічні процеси зі змінною у часі волатильністю.
- **Предмет** дослідження – математичні моделі і методи опису гетероскедастичних процесів, оцінювання та аналізу якості побудованих моделей та прогнозів, моделі та методи оцінювання ринкових ризиків, а також методи перевірки якості оцінок ризику.
- **Методи** дослідження – теорія моделювання і прогнозування часових рядів, регресійний аналіз, статистичні методи аналізу фінансових ризиків.
- **Мета** роботи – побудова адекватних моделей процесів з умовною гетоскедастичністю для оцінювання та прогнозування ринкових ризиків за їх допомогою; порівняльний аналіз використання даних моделей для оцінки ризику за методологією Value-at-Risk (VaR).

---

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

- Необхідність у ефективному управлінні ризиками, оцінюванні розміру резервного капіталу для покриття ризику активних операцій
- Потреба у розумінні точного характеру фінансових даних, побудові адекватних моделей
- Поширеність фінансово-економічних процесів з неоднорідною волатильністю
- Обчислення оцінок волатильності для прийняття обґрунтованих рішень стосовно:
  1. Виконання операцій на біржі
  2. Інвестування та спекулювання
  3. Менеджменту фінансових ризиків
  4. Економічно-фінансова діагностика підприємств

---

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1. Виконати **огляд** сучасних математичних **моделей** для моделювання і прогнозування нестационарних гетероскедастичних фінансово-економічних процесів, **методів** оцінювання ринкових ризиків.
2. Зібрати необхідні статистичні **дані** для виконання обчислювальних експериментів.
3. Виконання обчислювальних експериментів, а саме **моделювання і прогнозування** процесів зі змінною дисперсією, **оцінки ризику**.
4. Провести аналіз можливості **практичного застосування** моделей для оцінювання ризиків, вибрати найкращу модель для заданих цілей.
5. Виконати **аналіз отриманих результатів** і зробити висновки.

## РИНКОВИЙ РИЗИК

Ринковий ризик — наявний або потенційний ризик для надходжень і капіталу, який виникає в результаті зміни ринкових цін

- процентний ризик;
- валютний ризик;
- ціновий ризик ринку акцій, або фондовий ризик;
- ціновий ризик товарних ринків або товарний ризик.

## МІРИ РИЗИКУ НА ОСНОВІ РОЗПОДІЛУ ВТРАТ

### VALUE AT RISK

Оцінка, яку не перевищать очікувані для даного періоду часу (часового горизонту) втрати  $L$  з заданою ймовірністю  $\alpha \in (0, 1)$  (рівнем довіри):

$$VaR_{\alpha} = \inf\{l \in \mathbb{R}: P(L \leq l) \leq 1 - \alpha\} = \inf\{l \in \mathbb{R}: F_L(l) \geq \alpha\}$$

### EXPECTED SHORTFALL

Оцінка умовних очікуваних втрат для даного періоду часу  $t$  (часового горизонту) та рівня довіри  $\alpha \in (0, 1)$ , які перевищили  $VaR_{\alpha}$ :

$$ES_{\alpha} = E(L | L \geq VaR_{\alpha})$$

Методи оцінки:

- Параметричні
- Непараметричні

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ

$P_t$  — ціна акції або значення індексу деякого фінансового активу в момент часу  $t$ .

$X_t$  — логарифмічна доходність/втрати (returns / losses) в момент часу  $t$ :  $\ln P_{t+1}/P_t$

Припустимо, що доходність  $\{X_t, t \in \mathbb{Z}\}$  є описуються процесом:

$$X_t = \mu_t + \varepsilon_t,$$

$$\varepsilon_t = \sigma_t Z_t, \text{ де } Z_t \sim \text{iid } \mathcal{N}(\mu, \sigma^2) \text{ або } t(\nu, \mu, \sigma^2)$$

$$\text{Var}_\alpha^t(X_{t+1}) = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} \text{Var}_\alpha(Z_t)$$

$$\text{ES}_\alpha^t(X_{t+1}) = \mu_{t+1} + \sigma_{t+1} \text{ES}_\alpha(Z_t)$$

## МОДЕЛІ УМОВНОЇ ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНОСТІ

GARCH(1,1)	$\sigma_t^2 = k + \alpha \sigma_{t-1}^2 + \beta \varepsilon_{t-1}^2$
EGARCH(1,1)	$\ln(\sigma_t^2) = k + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \alpha [ z_{t-1}  - E\{ z_{t-1} \}]$
EGARCH(1,1,1)	$\ln(\sigma_t^2) = k + \beta \ln(\sigma_{t-1}^2) + \alpha [ z_{t-1}  - E\{ z_{t-1} \}] + \gamma  z_{t-1} $
GJR-GARCH(1,1,1)	$\sigma_t^2 = k + \alpha \sigma_{t-1}^2 + \beta \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma I[\varepsilon_{t-1} < 0] \varepsilon_{t-1}^2$
TARCH(1,1,1)	$\sigma_t^2 = k + \alpha \sigma_{t-1}^2 + \beta \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma I[\varepsilon_{t-1} < 0] \varepsilon_{t-1}^2$

## BACKTESTING

### VALUE AT RISK

На заданому рівні довіри  $q \in (0, 1)$  очікуємо, що фактична втрата  $X_{t+1}$  перевищить оцінку  $Var_q^t(X_{t+1})$  лише для  $100(1 - q)\%$  випадків. Прийнято називати такі перевищення VaR-розриви (VaR-breaks)

Формуємо послідовність змінних індикаторів, що представляють VaR-розриви як:

$$I_{t+1} = \begin{cases} 1, & X_{t+1} > Var_q^t(X_{t+1}) \\ 0, & X_{t+1} \leq Var_q^t(X_{t+1}) \end{cases}$$

### РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ПРОГРАМИ

AP(1)	(ARCH)	(GARCH)	(EGARCH)
c(1)= 4.26185468681055	c(1)= 7.196120923455762	c(1)= 0.096	c(1)= 5.8
c(2)= 0.9759081331380113	c(2)= 0.23442478980628	c(2)= 1.7	c(2)= 0.61
<b>R^2</b> = 0.98	c(3)= 0.39883286635580206	c(3)= -0.94	c(3)= 0.17
<b>DW</b> = 2	<b>R^2</b> = 0.2	c(4)= 0.17	c(4)= -0.25
	<b>DW</b> = 1.95	c(5)= 0.005	c(5)= -0.46
		c(6)= 0.000044	c(6)= -1.2
		c(7)= -0.00008	<b>R^2</b> = 0.37
		<b>R^2</b> = 0.999	<b>DW</b> = 0.65
		<b>DW</b> = 1.734	

## РЕЗУЛЬТАТИ EIEWS: AP(1)

Dependent Variable: YA  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/14/19 Time: 16:16  
 Sample(adjusted): 2 120  
 Included observations: 119 after adjusting endpoints  
 $YA = C(1) + C(2) * YA(-1)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	4.299031	3.487748	1.232610	0.2202
C(2)	0.975701	0.019550	49.90846	0.0000
R-squared	0.955136	Mean dependent var		177.5277
Adjusted R-squared	0.954752	S.D. dependent var		17.54422
S.E. of regression	3.731930	Akaike info criterion		5.488392
Sum squared resid	1629.494	Schwarz criterion		5.535100
Log likelihood	-324.5593	Durbin-Watson stat		2.046157

## РЕЗУЛЬТАТИ EIEWS: ARCH

Dependent Variable: E2  
 Method: Least Squares  
 Date: 05/14/19 Time: 18:32  
 Sample(adjusted): 20 120  
 Included observations: 101 after adjusting endpoints  
 $E2 = C(1) + C(2) * E2(-4) + C(3) * E2(-18)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	7.197077	3.324544	2.164831	0.0328
C(2)	0.234414	0.096076	2.439886	0.0165
C(3)	0.398824	0.099746	3.998382	0.0001
R-squared	0.184079	Mean dependent var		14.71945
Adjusted R-squared	0.167427	S.D. dependent var		31.59152
S.E. of regression	28.82581	Akaike info criterion		9.589672
Sum squared resid	81430.87	Schwarz criterion		9.667349
Log likelihood	-481.2784	Durbin-Watson stat		1.970607

## РЕЗУЛЬТАТИ EIEWS: GARCH

Dependent Variable: LH  
Method: Least Squares  
Date: 05/14/19 Time: 18:24  
Sample(adjusted): 20 120  
Included observations: 101 after adjusting endpoints  
 $LH = C(1) + C(2)*LH(-1) + C(3)*LH(-2) + C(4)*LH(-3) + C(5)*LH(-4) + C(6)*E2(-4) + C(7)*E2(-18)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.094876	0.015486	6.126664	0.0000
C(2)	1.756306	0.094499	18.58554	0.0000
C(3)	-0.940567	0.193009	-4.873186	0.0000
C(4)	0.163215	0.190126	0.858458	0.3928
C(5)	0.004839	0.086850	0.055718	0.9557
C(6)	4.40E-05	5.56E-05	0.789945	0.4315
C(7)	-8.02E-05	5.73E-05	-1.399645	0.1649
R-squared	0.999618	Mean dependent var	5.140221	
Adjusted R-squared	0.999594	S.D. dependent var	0.802744	
S.E. of regression	0.016181	Akaike info criterion	-5.343121	
Sum squared resid	0.024613	Schwarz criterion	-5.161875	
Log likelihood	276.8276	Durbin-Watson stat	1.727683	

## РЕЗУЛЬТАТИ EIEWS: EGARCH

Dependent Variable: LH  
Method: Least Squares  
Date: 05/14/19 Time: 18:50  
Sample(adjusted): 29 120  
Included observations: 92 after adjusting endpoints  
 $LH = C(1) + C(2)*EH(-1) + C(3)*EH(-12) + C(4)*EAH(-1) + C(5)*EAH(-3) + C(6)*EAH(-27)$

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	5.745625	0.097108	59.16728	0.0000
C(2)	0.573074	0.187284	3.059924	0.0030
C(3)	0.184727	0.188863	0.978105	0.3308
C(4)	-0.278241	0.268144	-1.037654	0.3023
C(5)	-0.470420	0.273029	-1.722965	0.0885
C(6)	-1.049990	0.158207	-6.636797	0.0000
R-squared	0.385711	Mean dependent var	5.315151	
Adjusted R-squared	0.349997	S.D. dependent var	0.592700	
S.E. of regression	0.477851	Akaike info criterion	1.423959	
Sum squared resid	19.63740	Schwarz criterion	1.588423	
Log likelihood	-59.50211	Durbin-Watson stat	0.675979	



## ВИСНОВКИ

- У даній дипломній роботі було виконано вибір структур і побудова моделей вибраних гетероскедастичних процесів.
- За допомогою побудованих адекватних моделей спрогнозовано волатильність відповідних фінансово-економічних процесів та оцінено ринкові ризики.
- Виконано перевірку якості прогнозів ринкового ризику

### Можливе подальше вдосконалення

- Застосування різних розподілів випадкової величини
- Застосування теорій хаосу, фракталів, копул, нейронних мереж, нечіткої логіки для оцінювання ризиків.

# ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!